

Atlas **Clarín**

EDICIONES
Aguilar



Re-Digitalización final: The Doctor



The Doctor

Libros, Revistas, Intereses:

<http://thedoctorwho1967.blogspot.com.ar/>

El Siglo XX:

<http://el1900.blogspot.com.ar/>

Atlas Clarín X

EDICIONES
Aguilar



ENCICLOPEDIA DE LA TIERRA

Coproducción entre Esselte Map Service y Lidman Production AB.

Proyecto: Lidman Production AB.

Dirección: Svan Lidman.

Texto: Lars Bergquist.

Director de Arte: Sten Pettersson.

Traductor: Ramón Palencia.

Asesores: Bertil Hedenstierna y Ralph Mårtensson.

Ilustradores: Bob Chapman, David Cook, John Flynn, Tony Gibbon, Rob Hillier, John Potter, Les Smith, David West y Maurice Wilson.

Documentalista: Per Axel Nordfeldt.

Fotógrafos: AAA photo, Air France, Ragnar Andersson/TIOFOTO, AP/Pressens bild, Bildarkiver/Elbergs bilder, Camera Press/IBL, Bo Dahlin/Bildhuset, J. Arthur Dixon, DPA/Pressens bild, ESA, Börje Försäter/Hallandsbild, J. Gaumy/Magnum, Claes Grundsten/Naturfotograferna, Gunnar Gustafson, Mats Halling, Bengt Hedberg/Naturbild, IBL, Páll Imsland, Kjell Johansson/Bildhuset, Sture Karlsson/TIOFOTO, Kungliga biblioteket, Frank W. Lane, Örnulf Lautitzen, J. Berry/Magnum, Mount Wilson and Las Campanas observatories, Norman Myers/TIOFOTO, Ralph Mårtensson, NASA, Pål-Nils Nilsson/TIOFOTO, Lars Olsson/Pressens bild, G. Rodger/Magnum, Ann Ronan, SAS, Per-Olle Stackman/TIOFOTO, UPI/Pressens bild, ZEFA y Östasiatiska museet.

EL MUNDO EN MAPAS

Diseñado, editado, dibujado y reproducido por cartógrafos, geógrafos, artistas y técnicos de ESSELTE MAP SERVICE.

La presente publicación se ajusta a la cartografía oficial establecida por el Poder Ejecutivo Nacional a través del IGM, ley 22.963, y fue aprobada por Expte. GGI 3200/5 de fecha 20 de noviembre de 1991.

PRÓLOGO

Cuando en setiembre de 1990 la prestigiosa National Geographic Society, con sede en Washington DC, tenía ya impresos 5.000 ejemplares de su célebre Atlas del Mundo, una llamada telefónica hizo detener las máquinas y dejó subrayado un fenómeno casi cotidiano de estos tiempos que corren. Del otro extremo de la línea el embajador de Alemania notificaba que la capital única de la nación reunificada iba a ser Berlín, y no Bonn. La National había apostado por incluir en sus mapas las dos capitales.

La anécdota revela algo más que los acelerados cambios que conmueven al mundo en la última década de este fin de siglo. Ocurre que el "chisporroteo mágico" que genera la revolución científico-tecnológica modifica a cada instante los ángulos de visión del mundo. En la Alta Edad Media, por ejemplo, cuando los monjes negaban la redondez de la Tierra, nuestro planeta figuraba en los mapas como un plato rebosante de dragones y árboles frutales; Jerusalem era el centro de las naciones y el paraíso se hallaba en algún lugar del Lejano Oriente. Tiempo después, nuevos instrumentos de precisión mejoraron las cartas geográficas que habían sido elaboradas prácticamente a pie. Largos años debieron pasar antes que los mapas fueran considerados como el fiel reflejo informativo del mundo en que vivimos: hasta bien entrado el siglo XIX, el mapa con información científica no era conocido. Los vuelos espaciales, las sondas y los satélites aportaron una nueva forma de mirar la Tierra: se la vio más bella y desolada, casi perdida en el Universo.

Con todo, la cultura de la imagen no ha alcanzado todavía al mapa. La cartografía se ha evadido de la fascinación de la pantalla. Algo ha fallado, hasta ahora, para que las nuevas generaciones no vean otros mapas que los mismos de siempre. Y todo esto mientras el atlas político de Europa da un brinco hacia el siglo pasado y el de Africa se viste, a lo largo de tres décadas, con nuevos estados.

El Atlas CLARIN rompe con la tradición e inicia una cartografía actual e innovadora, una herramienta cultural irremplazable que será puesta semana a semana en manos de millones de lectores. Representada como un conjunto de medios geográficos vinculados entre sí y obtenidos mediante tratamiento digital informatizado de las imágenes de la superficie terrestre, esta serie de mapas, sumada a la Enciclopedia de la Tierra -El Aire, El Agua, El Fuego, La Tierra- ofrece una visión profunda y excepcional de nuestro planeta y de los problemas que le aquejan.

Hasta el presente, el conocimiento del globo terráqueo se ha basado en la geografía tradicional. Hoy, esta ciencia se ha transformado en multidisciplinaria y busca dar respuesta a las delicadas relaciones que rigen los climas, el medio ambiente y el medio geográfico en los que se desenvuelve la vida, así como el impacto que el hombre produce sobre ellos. Esta nueva geografía exige nuevos enfoques y métodos de análisis e información, incluida la cartografía de las ideas, esto es la ubicación espacial del pensamiento y las estructuras especulativas, como se hace actualmente con los postulados de Descartes o los principios arquitectónicos del templo de Salomón.

El Atlas CLARIN procura dar respuesta a las urgencias de la época, en el convencimiento que al ciudadano medio se le han escapado los referentes geográficos que siempre manejó y un cúmulo impresionante de información cotidiana queda flotando en busca de un asidero lógico. ¿Acaso puede hoy el docente o el alumno ubicar sin titubeos Turkmenia, Azerbaijón, Kirguizia o alguna de las repúblicas que por más de 70 años integraron la ex Unión Soviética? ¿Cuáles son los límites precisos de Croacia o Serbia, que participaban de la federación Yugoslava? ¿Puede establecer el área de influencia del agujero de ozono o la incidencia climática que provocan los desplazamientos de grandes témpanos en el Atlántico Sur?

El desafío de la época no es pequeño. Pero acaso, un conocimiento actualizado de la relación del hombre con los elementos naturales aporte una mayor lucidez y capacidad para mantener el delicado equilibrio de nuestro medio vital y su objetivo supremo: la supervivencia de la humanidad y de las otras especies de la Tierra.

ENCICLOPEDIA DE LA TIERRA



El aire	2-3	El agua	26-27
El aire, escudo de la Tierra	4-5	El agua, fuente de vida	28-29
La atmósfera y sus diferentes capas. Propiedades químicas y físicas. Protección contra las peligrosas radiaciones del espacio exterior.		Elemento indispensable para los seres vivos. Propiedades físicas y químicas.	
Una cuestión de vida o muerte	6-7	El ciclo del agua	30-31
El aire que respiramos; los ciclos del oxígeno y del carbono. Interacción de la atmósfera con los animales y las plantas verdes.		El circuito del agua: del mar a la atmósfera, de la atmósfera a la tierra y de la tierra nuevamente al mar. Agua salada y agua dulce. Regadíos.	
La circulación del aire	8-9	El reino de los hielos	32-33
La circulación general atmosférica. Equilibrio térmico de la Tierra. Vientos locales y regionales. La energía eólica.		Los períodos glaciales. Los casquetes polares. Glaciares y paisajes helados. El invierno, un período glacial anual.	
Entre las nubes	10-11	Los océanos	34-35
La circulación vertical de la atmósfera. Frentes, nubes y precipitaciones. Truenos y relámpagos.		Los mares, su geografía física y sus características. Los océanos y los mares periféricos. La salinidad del agua del mar.	
Estaciones y climas	12-13	El poder del mar	36-37
Diferencias climáticas y variaciones estacionales. Los climas del mundo.		La energía del mar. Olas, corrientes y mareas. Repercusiones en el litoral. Aprovechamiento de la energía del mar.	
Señales en el cielo	14-15	La vida en el agua	38-39
La predicción meteorológica precientífica. Globos y satélites meteorológicos. Predicción por ordenador.		La distribución de la vida en el mar. La adaptación a la vida en el agua. Cadenas alimentarias.	
La vida en el aire	16-17	La mar nutricia	40-41
La adaptación a la vida en el aire: de los saurios voladores del Mesozoico a las aves, murciélagos e insectos de nuestros días.		La pesca en el mar y en agua dulce. La pesca abusiva y el control internacional de las zonas pesqueras.	
El hombre remonta el vuelo	18-19	La conquista de los mares	42-43
Volar, un viejo sueño del hombre: del Ícaro y Leonardo da Vinci a los hermanos Wright y al Concorde.		Etapas de los descubrimientos. La navegación. La exploración de las profundidades marinas.	
Las rutas aéreas	20-21	Las rutas marítimas	44-45
Los modestos comienzos de la aviación comercial y su expansión. Pasillos aéreos, control de tráfico, aeropuertos.		La construcción naval y el arte de navegar. El transporte marítimo: diferentes tipos de buques de carga.	
A la conquista del espacio	22-23	El hombre y la hidrosfera	46-47
Primeras ideas sobre el espacio y los viajes espaciales. De las primitivas observaciones astronómicas a los radiotelescopios y a los vuelos espaciales.		La contaminación de los océanos y el mal aprovechamiento de los recursos hidráulicos. La explotación de los fondos marinos. Zonas económicas marítimas.	
El hombre y la atmósfera	24-25		
La contaminación global del aire. La lluvia ácida en los bosques europeos. La emisión de residuos de los combustibles fósiles.			



La Tierra 48-49

La corteza terrestre 50-51

Alfred Wegener y la teoría de la tectónica de placas. Tipos de rocas y su origen. Movimientos verticales de la corteza terrestre.

La dinámica terrestre 52-53

La tectónica de placas: la corteza terrestre en continuo movimiento. La formación de las dorsales centro-oceánicas, de las cordilleras y de los archipiélagos. Los sismos.

La meteorización 54-55

Tipos de meteorización. La meteorización en los climas fríos, cálidos y húmedos y en las regiones calcáreas.

La erosión 56-57

Procesos de erosión. La degradación de las vertientes y el transporte de materiales. La denudación y el modelado del paisaje.

La vida en la tierra 58-59

La conquista de la tierra firme por las plantas y por los animales y su adaptación a la vida sobre el suelo. La evolución de las especies en nuevos nichos ecológicos.

Los bosques tropicales 60-61

La selva tropical lluviosa y los bosques monzónicos de caducifolias; su flora y fauna; su relación con el clima.

Los herbazales 62-63

La sabana, la pradera y la estepa y su ciclo vegetativo anual. Control climático de la vegetación y vida animal. Impacto de la intervención del hombre.

Los desiertos 64-65

Clasificación de los desiertos. La vida en los desiertos y la adaptación de animales y plantas al calor y a la falta de agua. La extensión de los desiertos en el mundo.

Los bosques templados 66-67

Bosques de caducifolias, de coníferas y mixtos. Flora y fauna, silvicultura y actividades forestales.

La tundra 68-69

El medio y sus características. La alteración del suelo al helarse. Flora y fauna.

La montaña 70-71

La formación de las montañas. Su marco físico en las diferentes partes del mundo. La vida animal, la vegetación y el uso del suelo.

Vivir de la tierra 72-73

El hombre obtiene su sustento del suelo. Tipos de agricultura. Evolución histórica de la agricultura y distribución de los sistemas agrícolas.

La urbanización 74-75

Desarrollo histórico de las áreas urbanizadas: de la pequeña aldea agrícola a las ciudades medievales y a las modernas conurbaciones.

Los tesoros del subsuelo 76-77

Los recursos minerales de la corteza de la Tierra. Minería y metalurgia.

La tierra esquilhada 78-79

La destrucción por el hombre de su propio medio. La lucha por la supervivencia.

El hombre y la corteza terrestre 80-81

El hombre, como fuerza geológica, transforma la superficie del planeta.



El fuego 82-83

El fuego primigenio 84-85

La creación del Cosmos: la "Gran Explosión" o "Big Bang". El nacimiento de las galaxias y de las estrellas.

El sistema solar 86-87

El sol como estrella. El origen de la energía solar. El sistema planetario y la exploración del espacio próximo.

Las montañas de fuego 88-89

Los volcanes, puerta abierta a las entrañas de la Tierra. Vulcanismo antiguo y reciente. Los "puntos calientes". El vulcanismo en otros planetas.

La energía del subsuelo 90-91

Los recursos del subsuelo: carbón, petróleo y energía geotérmica. Formación y extracción del capital energético.

El fuego al servicio del hombre 92-93

El uso del fuego desde el Homo Erectus a la Era Industrial. La energía del vapor.

El aprovechamiento de la energía 94-95

El hombre utiliza sus crecientes conocimientos para mejorar la vida diaria. La escalera energética.

EL MUNDO EN MAPAS



EUROPA

Región Mediterránea	98-99
Europa	100-101
Medio geográfico, división política, población	
Europa	102-103
Producción agraria, energética y mineral, climas, suelos	
Islas Británicas y Europa Central	104-105
Bélgica, Checoslovaquia, Luxemburgo, Países Bajos, Polonia, República Federal de Alemania	
Norte de Europa	106-107
Dinamarca, Finlandia, Islandia, Noruega, Suecia	
Sureste de Europa	108-109
Los Balcanes	110-111
Bulgaria, Chipre, Grecia, Hungría, Rumania, Turquía	
Próximo Oriente	112-113
Noreste de Europa	114-115



ASIA

Asia Septentrional	116-117
Medio geográfico	
Asia Meridional	118-119
Medio geográfico	
Asia	120-121
Producción agraria, energética y mineral, climas, suelos	
Asia	122-123
Relieve, precipitaciones, temperaturas, población, división política	
Asia Suroccidental	124-125
Afganistán, Irán, Pakistán	
Asia Central	126-127
Mongolia, Siberia Oriental	
China y Japón	128-129
Corea del Norte, Corea del Sur, Mongolia, Taiwan	
India y Sureste de Asia	130-131
Bangladesh, Bhutan, Birmania, Kampuchea, Laos, Nepal, Sri Lanka, Tailandia, Vietnam	
Indonesia y Filipinas	132-133
Brunei, Malaysia	



OCEANÍA

Oceanía	134-135
Medio geográfico, división política, población	
Oceanía	136-137
Producción agraria, energética y mineral, climas, suelos	
Australia	138-139
Nueva Guinea y Nueva Zelanda	140-141
Islas del Pacífico	142-143



ÁFRICA

África 144-145

Medio geográfico, división política, población

África 146-147

Producción agraria, energética y mineral, climas, suelos

Noroeste de África 148-149

Argelia, Libia, Marruecos, Mauritania, Níger, Tunicia

Valle del Nilo y Arabia 150-151

Arabia Saudí, Bahrein, Egipto, Iraq, Israel, Jordania, Kuwait, Líbano, Omán, Qatar, República Democrática Popular del Yemen, Siria, Sudán, Unión de Emiratos Árabes, Yemen

África Occidental 152-153

Benin, Burkina Faso, Camerún, Chad, Congo, Costa de Marfil, Gabón, Gambia, Ghana, Guinea, Guinea-Bissau, Guinea Ecuatorial, Liberia, Mali, Níger, Nigeria, Santo Tomé y Príncipe, Senegal, Sierra Leona, Togo

África Oriental 154-155

Etiopía, Kenia, República Centroafricana, Sudán, Tanzania, Uganda, Zaire

África Meridional 156-157

Angola, Botswana, Comores, Lesotho, Madagascar, Malawi, Mauricio, Mozambique, Namibia, República Sudafricana, Swaziland, Zambia, Zimbabwe



AMÉRICA DEL NORTE

América del Norte 158-159

Medio geográfico, división política, población

América del Norte 160-161

Producción agraria, energética y mineral, climas, suelos

Alaska y Canadá Occidental 162-163

Canadá Oriental 164-165

Estados Unidos 166-167

América Central y Antillas 168-169

Antigua y Barbuda, Bahamas, Barbados, Belice, Costa Rica, Cuba, Dominica, El Salvador, Grenade, Guatemala, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, República Dominicana, Saint Kitts-Nevis, Santa Lucía, San Vicente



AMÉRICA DEL SUR

América del Sur 170-171

Medio geográfico, división política, población

América del Sur 172-173

Producción agraria, energética y mineral, climas, suelos

América del Sur, región septentrional 174-175

Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam, Trinidad y Tobago, Venezuela

América del Sur, región central 176-177

Bolivia, Brasil, Chile, Perú

América del Sur, Cono Sur 178-179

Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay, Uruguay

Argentina 180-181

División política, principales ciudades

ÁRTICO Y ANTÁRTIDA

Ártico 182

Antártida 183

EL MUNDO

El Mundo 184-185

Medio geográfico

El Mundo 186-187

División política

El Mundo 188-189

Población

El Mundo 190-191

Climas

El Mundo 192-193

Geología

Océanos y fondos marinos 194-195

El Mundo 196-197

Energía

El Mundo 198-199

Economía

Lenguas, religiones, husos horarios 200

Glosario, Índice 201





Enciclopedia de la Tierra

Las investigaciones emprendidas durante las pasadas décadas han dado como resultado unos espectaculares avances en el conocimiento científico. En los campos de la biología y de las ciencias de la tierra, los descubrimientos han conducido a la creciente comprensión de las interrelaciones entre áreas de conocimiento anteriormente consideradas como disciplinas totalmente separadas. Desde la mineralogía a la microbiología y desde la botánica a la batimetría, las piezas van encajándose como en un inmenso puzzle, en el que persisten los huecos, pero éstos son cada vez menores.

A medida que aumentan los conocimientos, resulta cada vez más difícil presentar un breve compendio científico de la tierra como un todo, porque un tratamiento sistemático de temas agrupados en distintas categorías no es ya la opción ideal. Esta Enciclopedia de la Tierra ha retornado a la pauta de los elementos filosóficos – aire, agua, fuego y tierra – para proporcionar un marco básico dentro del cual se logra una exposición ordenada de un modo más libre. Se ha dicho que una imagen vale más que mil palabras. Con demasiada frecuencia, las ilustraciones de los libros no añaden nada a la información del texto. En las páginas que siguen, la coordinación de texto e ilustraciones logra abarcar infinitamente más de lo que hubiese sido posible con sólo palabras.





El aire

De todos los elementos, el aire es el más inaprensible y el más espiritual. Entre los pensadores griegos del siglo VI a. de C., Anaxímenes de Mileto fue quien más estudió el tema del aire. Desarrolló el antiguo concepto de que la respiración es el espíritu de la vida, pensando que el aire es el elemento fundamental de la tierra: «Lo mismo que el alma, que es aire, mantiene unido al cuerpo, el viento y el aire envuelven el mundo entero.» El resto de los elementos, afirmaba Anaxímenes, provienen del aire densificado o enrarecido.

Sin embargo, en el siglo XVII, científicos como el francés Pascal y el italiano Torricelli descubrieron cómo medir la presión del aire, convirtiendo el elemento espiritual y fundamental del filósofo griego en una sustancia física tangible. Un siglo después, los químicos descubrieron que el aire es una mezcla de gases, e identificaron el nitrógeno y el oxígeno como sus elementos principales.

La ciencia de la meteorología se desarrolló en el siglo XIX y fue sustituyendo paulatinamente los viejos métodos empíricos del campesino y del navegante por predicciones meteorológicas más seguras. Los meteorólogos de este siglo han estudiado minuciosamente las capas exteriores de la atmósfera. Este estudio forma parte de la geofísica, la ciencia dedicada a la Tierra como planeta.

La atmósfera de la Tierra, en cuyas profundidades vivimos, nos protege de las mortíferas radiaciones del espacio exterior y nos proporciona el oxígeno del que dependen nuestros procesos vitales. Equilibra los extremos, de otro modo insoportables, de calor y frío y transporta la humedad de los océanos a los continentes, mediante un sistema continuo y general de circulación.

El oxígeno es un producto de las plantas verdes, por lo que no existía en la atmósfera primigenia. Una condición necesaria para el desarrollo de la vida en la Tierra fue que no existiera oxígeno libre que oxidara y desintegrara las primeras moléculas vivas desprotegidas. Hicieron falta miles de millones de años para acumular el volumen de oxígeno actual de nuestra atmósfera.

Un aspecto de vital consideración, que depende en gran medida del hombre, es cómo será la atmósfera que rodee a nuestro mundo en el futuro. Sólo si se pone fin a la destrucción de los bosques continentales y al envenenamiento del plancton oceánico y se deja de utilizar el aire como una especie de cloaca universal, existe alguna esperanza de que los organismos superiores sobrevivan en nuestro planeta.

El aire, escudo de la Tierra

Al nivel del mar, la presión atmosférica es de unos 1.000 milibares (mb) o, tal como se expresaba anteriormente, de 760 mm de mercurio (mm Hg). Al nivel del suelo, la atmósfera contiene, además de nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono, sustancias vitales para las plantas y los animales. Nos protege de los violentos cambios del calor al frío y del bombardeo de partículas con carga eléctrica —radiación cósmica— y de meteoritos.

La atmósfera opera también como un gigantesco sistema de transporte de energía entre las calurosas regiones tropicales y las frías regiones polares. La eficacia de la atmósfera como portadora de calor depende de la humedad. Parte del contenido de humedad se aprecia en forma de nubes, niebla o neblina. La capacidad del agua para retener calor al evaporarse y liberarlo posteriormente al condensarse equilibra el clima de la Tierra y hace habitables los trópicos y las regiones polares.

Sin embargo, sólo los 80 kilómetros inferiores de la atmósfera tienen la misma composición química que el aire a ras del suelo, e incluso dentro de esta zona las condiciones varían tanto que se la suele dividir en tres estratos. El inferior es la *troposfera*, que se eleva hasta una altura de entre 10 y 18 kilómetros sobre la superficie. Todo el tiempo atmosférico se desarrolla prácticamente dentro de este estrato, y sólo algunas altas nubes de tormentas tropicales llegan hasta el límite inferior de la *estratosfera*. Aquí, los rayos ultravioletas del sol crean una capa de ozono, oxígeno triatómico, que absorbe las mortíferas radiaciones del espacio exterior. La *mesosfera* es un estrato de transición donde la presión del aire es una diezmilésima parte que al nivel del mar.

La región superior de la mesosfera es el umbral al espacio exterior. Debido a la intensa radiación solar, la parte superior de la atmósfera está ionizada y es conductora de electricidad. A este estrato se le denomina *ionosfera*. Las partículas con carga eléctrica procedentes del sol —electrones, protones y núcleos atómicos pesados— que se mueven en el interior del gas enrarecido producen las auroras boreales, un fenómeno de descarga eléctrica semejante al de un tubo fluorescente. Al estrato por encima de los 400 kilómetros de altura se le puede describir con más propiedad como espacio exterior condensado. Aquí no existe prácticamente más que hidrógeno y helio, el ligero gas existente en el espacio interestelar.

La baja atmósfera

Globos

lentos de helio llevaron al hombre hasta una altura de 20 km en la década de 1930

La presión del aire

en la baja estratosfera es una décima parte que a nivel de mar

Reactores

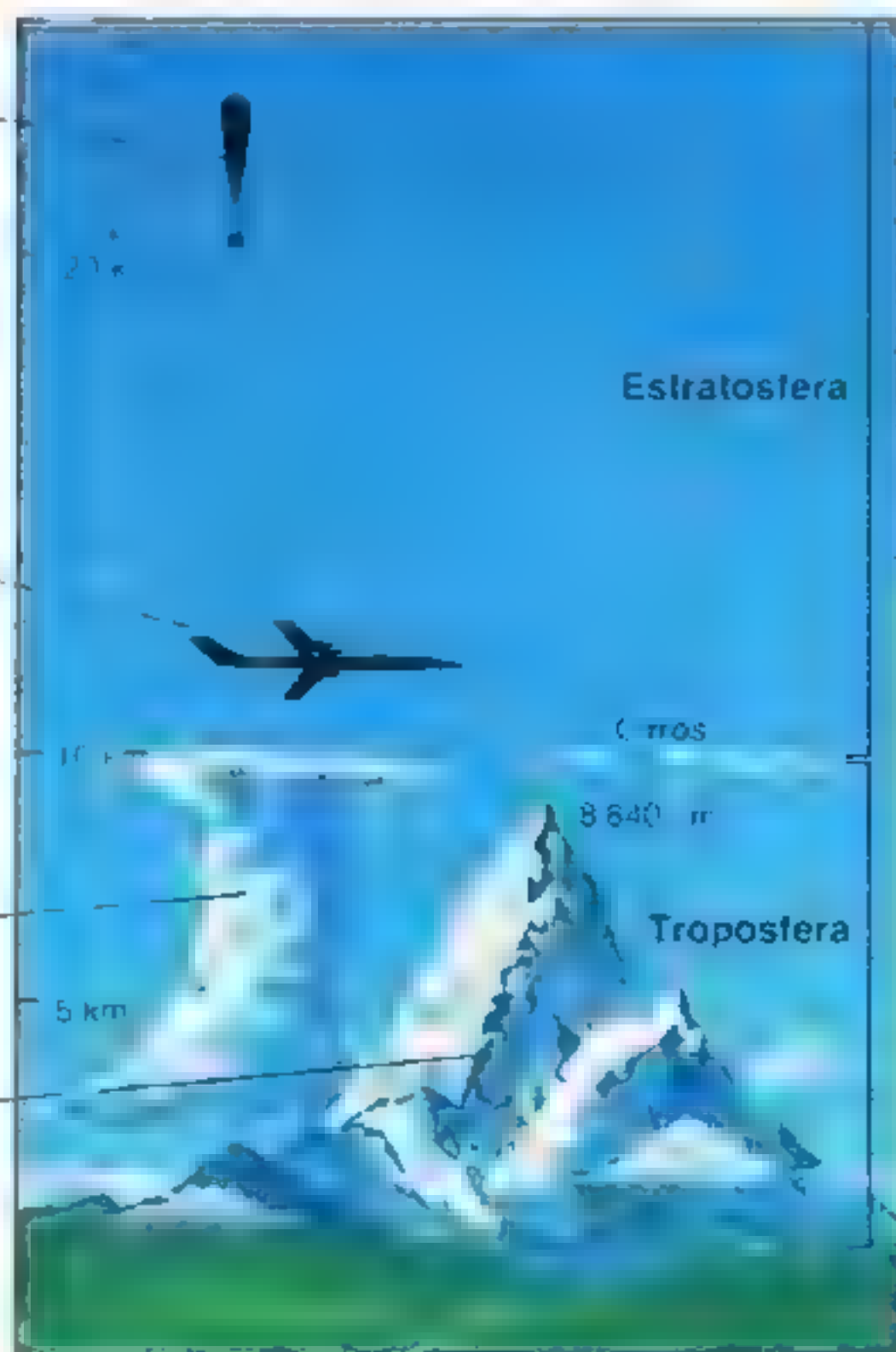
con cabinas presurizadas operan regularmente a alturas por encima de los 10 km. La ausencia de cambios meteorológicos en esta zona da mayor seguridad a estos vuelos

Las nubes tropicales de tormenta

llegan hasta el límite entre la troposfera y la estratosfera, la tropopausa.

Las montañas más altas

alcanzan más de 8 km sobre el nivel del mar, aunque a partir de los 4 km hay problemas para respirar debido al aire enrarecido



Satélites

lanzados por el hombre giran en torno a la Tierra a alturas que van desde 300-400 km a cerca de 36.000 km en el caso de los satélites de comunicaciones geosíncronos

Las auroras

aparecen con frecuencia a alturas de hasta 1.000 km en los puntos donde las radiaciones de partículas solares con carga eléctrica se encuentran con la atmósfera de la Tierra

Los rayos X

y las radiaciones ultravioletas de onda corta procedentes del sol son absorbidos en su mayoría por la atmósfera. Sin embargo, ciertas longitudes de onda de radiaciones electromagnéticas llegan a la superficie. Nuestros ojos han evolucionado para utilizar solo esta radiación, por lo que la denominamos "luz visible"

La radiación cósmica

esta compuesta por partículas de alta energía procedentes del sol y de otras fuentes de radiación en puntos alejados del universo. Cuando una de estas partículas se encuentra con un átomo de la atmósfera se produce una lluvia de partículas secundarias

Los satélites militares

de reconocimiento suelen volar relativamente bajos para detectar objetos de pequeño tamaño sobre la superficie. La resistencia del aire a tan bajas alturas disminuye la vida de estos satélites

Los cohetes sonda

se emplean para el estudio científico de las regiones altas de la atmósfera

Los meteoritos

se sobrecalientan y se gasifican por la fricción al entrar en la atmósfera. Estas "estrellas fugaces" son producidas por partículas menores que un grano de arena. Solo los meteoritos mayores llegan a suelo

Las capas cargadas de electricidad

de la ionosfera reflejan las ondas cortas de radio, que pueden rebotar varias veces alrededor de la Tierra

Las auroras inferiores

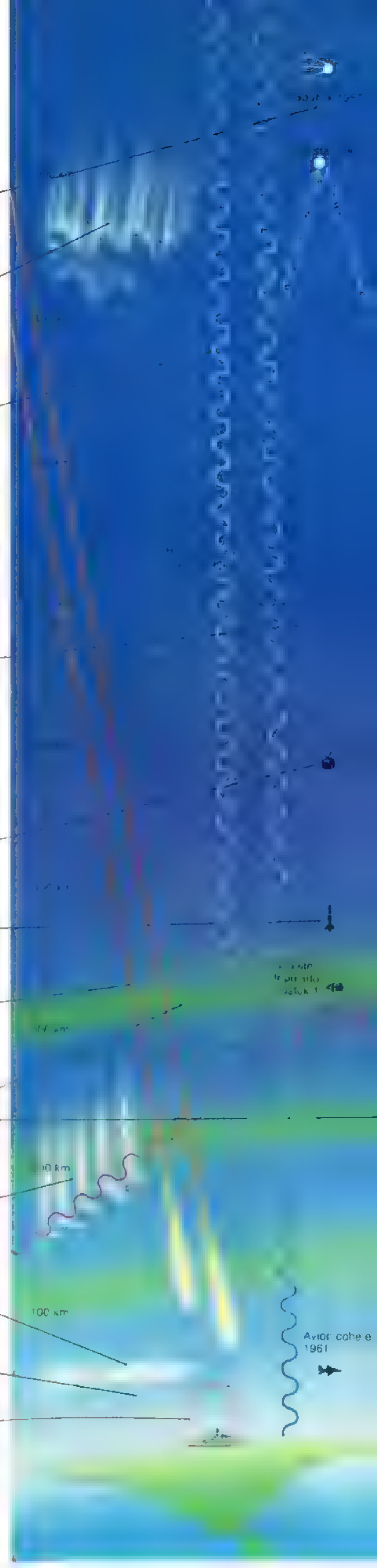
pueden aparecer a niveles tan bajos como la ionosfera

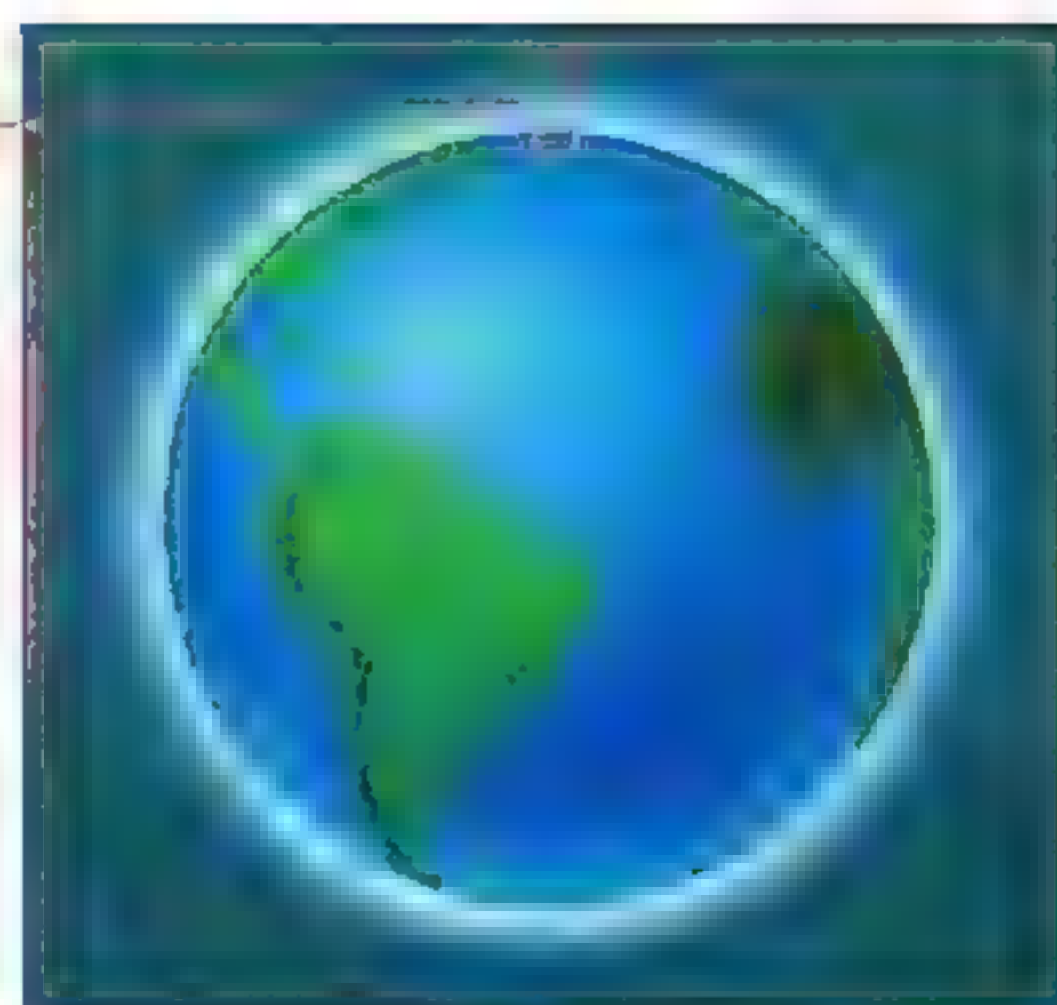
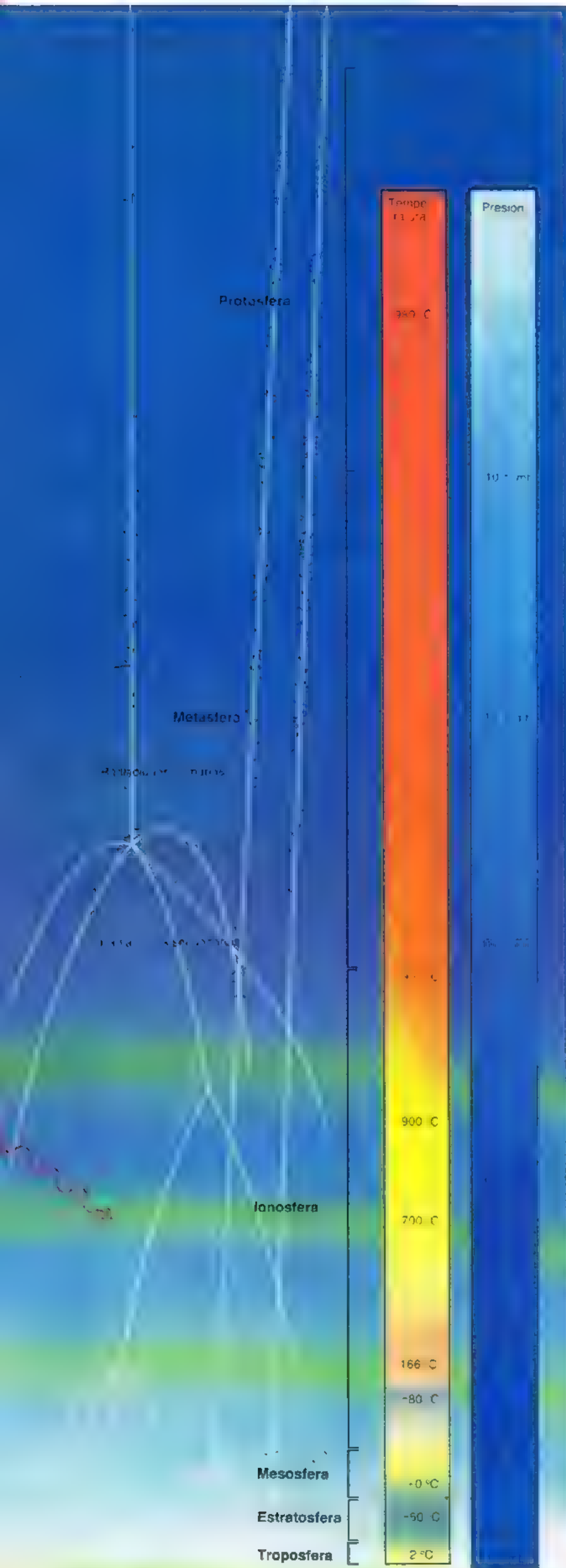
Las nubes noctilucuentes

son las únicas nubes existentes por encima de la troposfera y son objeto de intenso estudio

La capa de ozono

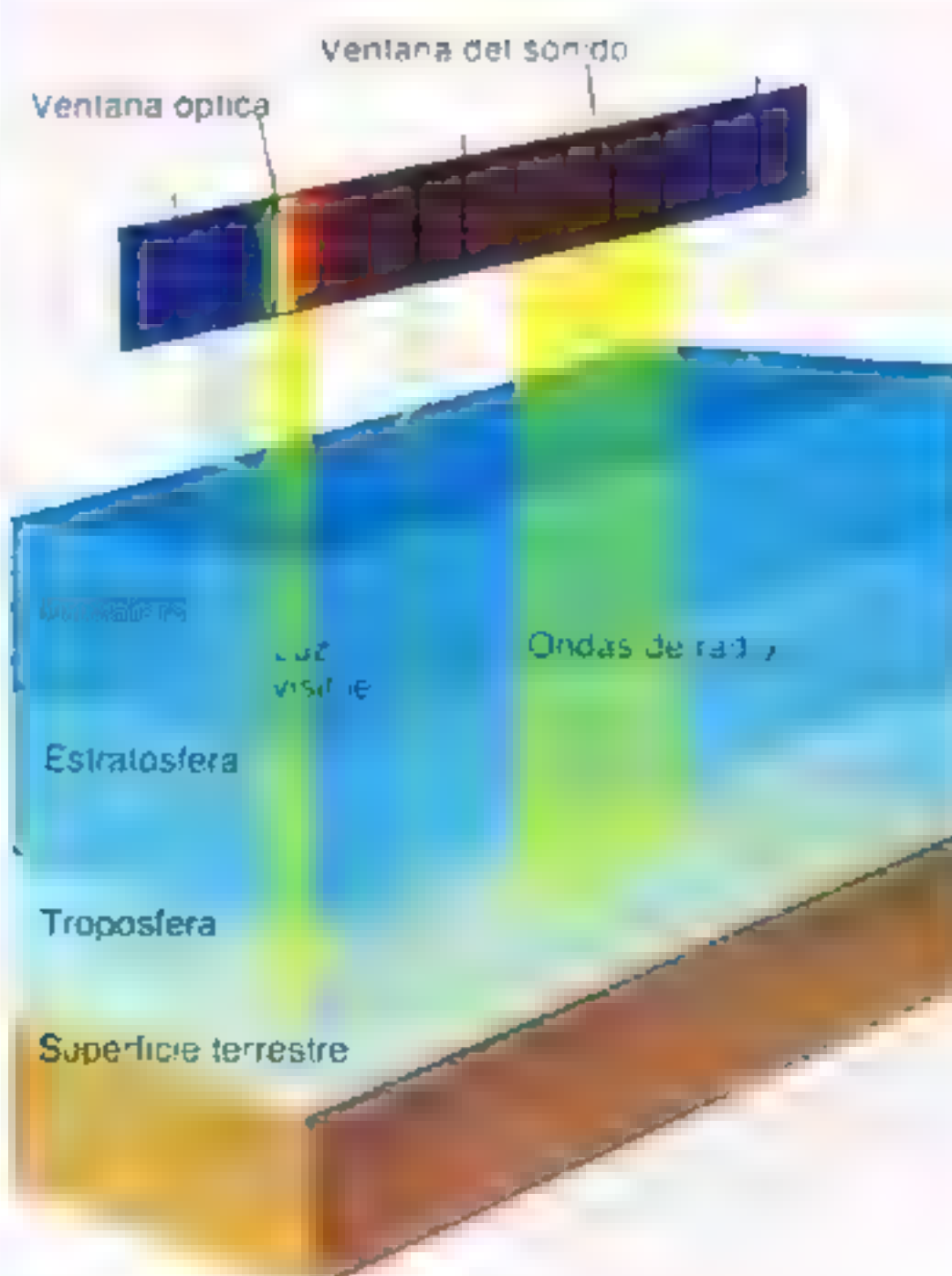
de la atmósfera detiene la mayor parte de los rayos ultravioletas.





La atmósfera desde fuera.

Los 1.000 km del diagrama grande aparecen en el gráfico de la izquierda a escala proporcional respecto a la Tierra. Solo los 10-15 km interiores de la troposfera tienen suficiente vapor de agua y polvo para ser perceptibles a simple vista. A partir de ahí se extiende la negrura del espacio (fotografía inferior). Las nubes parecen suspendidas justo por encima de suelo.



Dos «ventanas».

La atmósfera es impenetrable a la mayor parte de las radiaciones electromagnéticas. Solo dos «ventanas» dejan pasar radiaciones con longitudes de onda claramente limitadas. La «ventana óptica» abierta a la luz visible y a las zonas adyacentes de rayos ultravioletas e infrarrojos del espectro, la «ventana de sonido» admite ciertas longitudes de onda de radio. Sin embargo, las ondas cortas de radio, que suelen atravesar la atmósfera sin obstáculos, pueden a veces rebotar en las capas cargadas de la ionosfera (véase el diagrama grande).

Una cuestión de vida o muerte

La atmósfera de la Tierra está ligada a los procesos de la vida a través de dos ciclos esenciales, el del oxígeno y el del carbono.

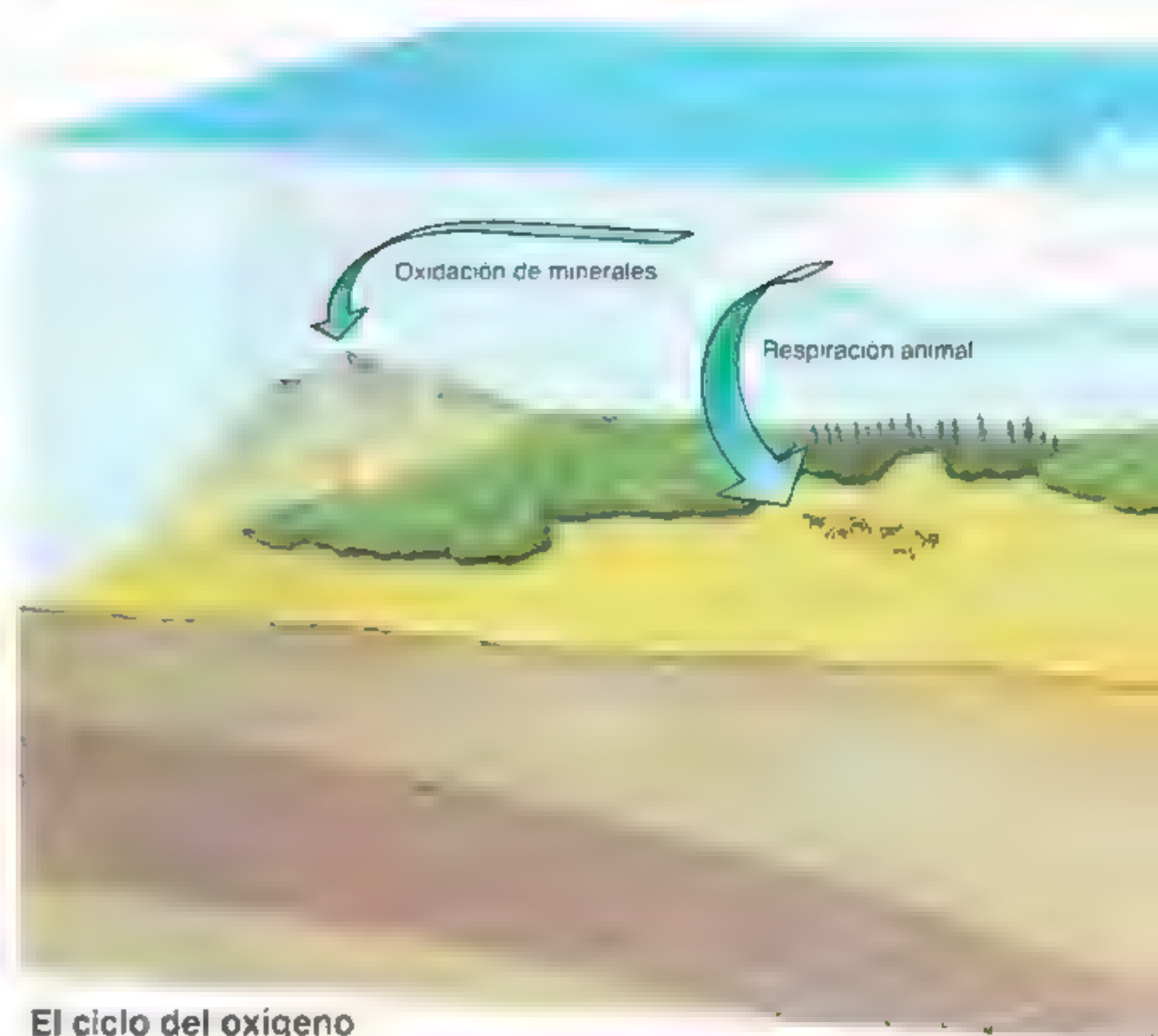
El oxígeno es un elemento fundamental de los sistemas energéticos de casi todas las plantas y animales. Estos organismos vivos liberan energía al oxidar grandes moléculas orgánicas, obteniendo el oxígeno a través de la respiración. Este consumo de oxígeno se compensa por fotosíntesis, mediante la cual las plantas verdes elaboran su rica sustancia energética para desarrollarse. Este proceso fundamental, sin el cual sería imposible la vida en la Tierra, es debido a la energía solar, y emplea, como materias primas, el hidrógeno del agua y el carbono del dióxido de carbono. El oxígeno es el subproducto más importante de la fotosíntesis. La mayor parte de los seres vivos han desarrollado complejas defensas contra lo que, para las delicadas sustancias orgánicas de sus células, es un corrosivo gas venenoso. Sólo en los «puntos calientes» de las profundidades del océano, en el cieno del fondo marino y en algunos otros medios altamente deficientes en oxígeno, existen bacterias anaeróbicas, es decir, bacterias que no dependen del oxígeno y que pueden sobrevivir sin protección.

El carbono es el componente fundamental de todos los compuestos orgánicos. Es el elemento primario de la vida. Sin embargo, la cantidad de carbono es limitada, por lo que tiene que ser constantemente reciclado. El carbono de la biosfera —la delgada capa de vida de la Tierra— está en constante circulación entre la materia muerta y la viva. Las plantas verdes, las autótrofas, fijan el carbono de la atmósfera. De esta manera, pasa a formar parte de su biomasa y de la de las heterótrofas: todos aquellos organismos, desde los hongos al hombre, no dotados de clorofila y que tienen que alimentarse consumiendo la materia orgánica sintetizada por las autótrofas.

Nuestro proceso de respiración, así como los agentes de descomposición que descomponen nuestros desechos y finalmente nuestros cuerpos, devuelven el carbono a la atmósfera en forma de dióxido de carbono. El hecho mismo de que el carbono del aire se encuentre en forma de dióxido de carbono significa que los ciclos del oxígeno y del carbono están íntimamente entrelazados.

Estos dos ciclos están relacionados a su vez con otros a una escala geológica mayor. Los rayos ultravioletas disocian el hidrógeno y el oxígeno del agua en la atmósfera exterior, y la oxidación de algunos minerales fija cierta cantidad de oxígeno. El ciclo del carbono es más cerrado, aunque se fija como carbonato cálcico en forma de caliza y creta. En esta parte del ciclo del carbono, la duración se calcula en millones de años.

Las hojas absorben energía solar mediante un proceso fotoquímico dirigido por la clorofila verde.

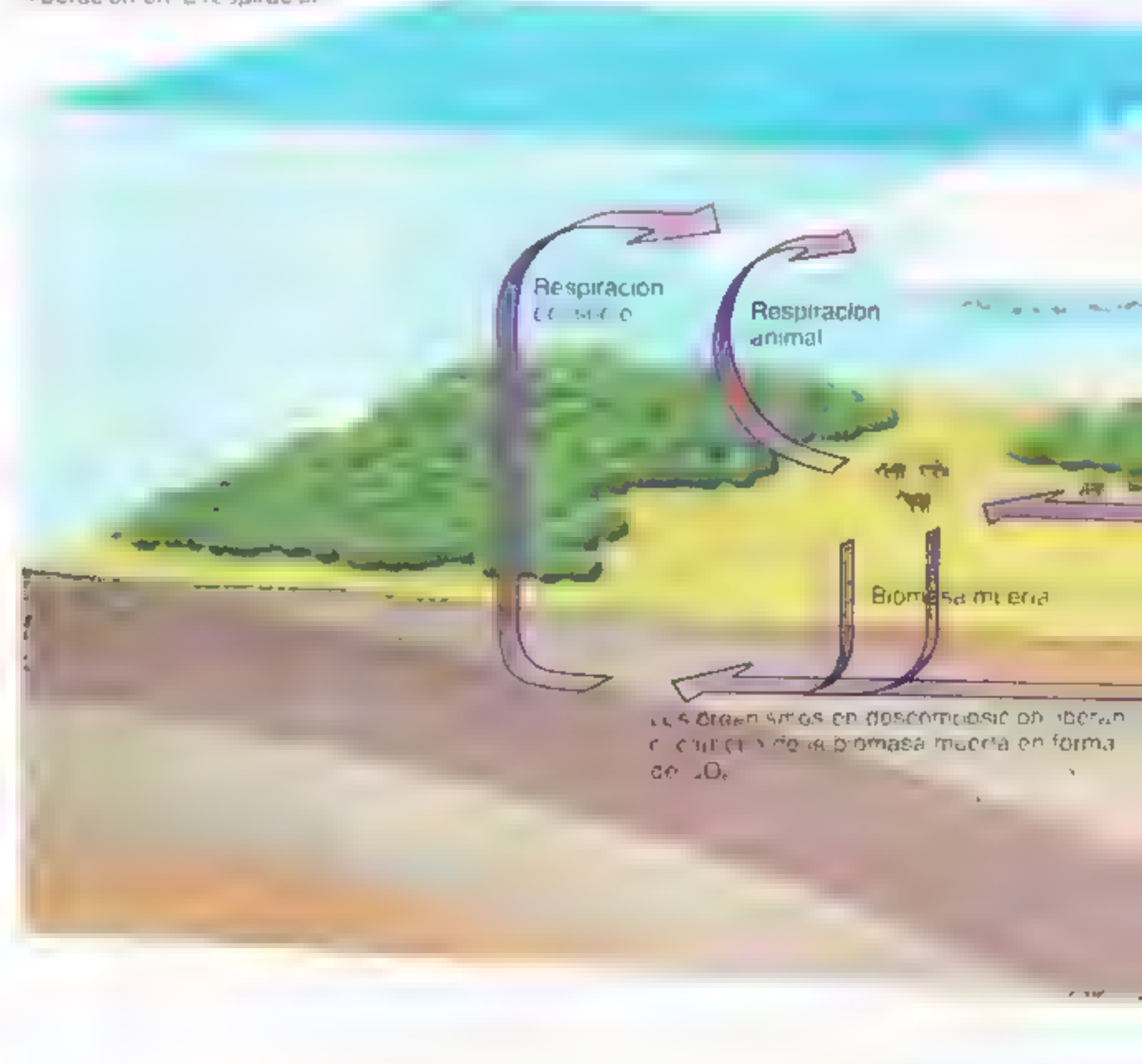


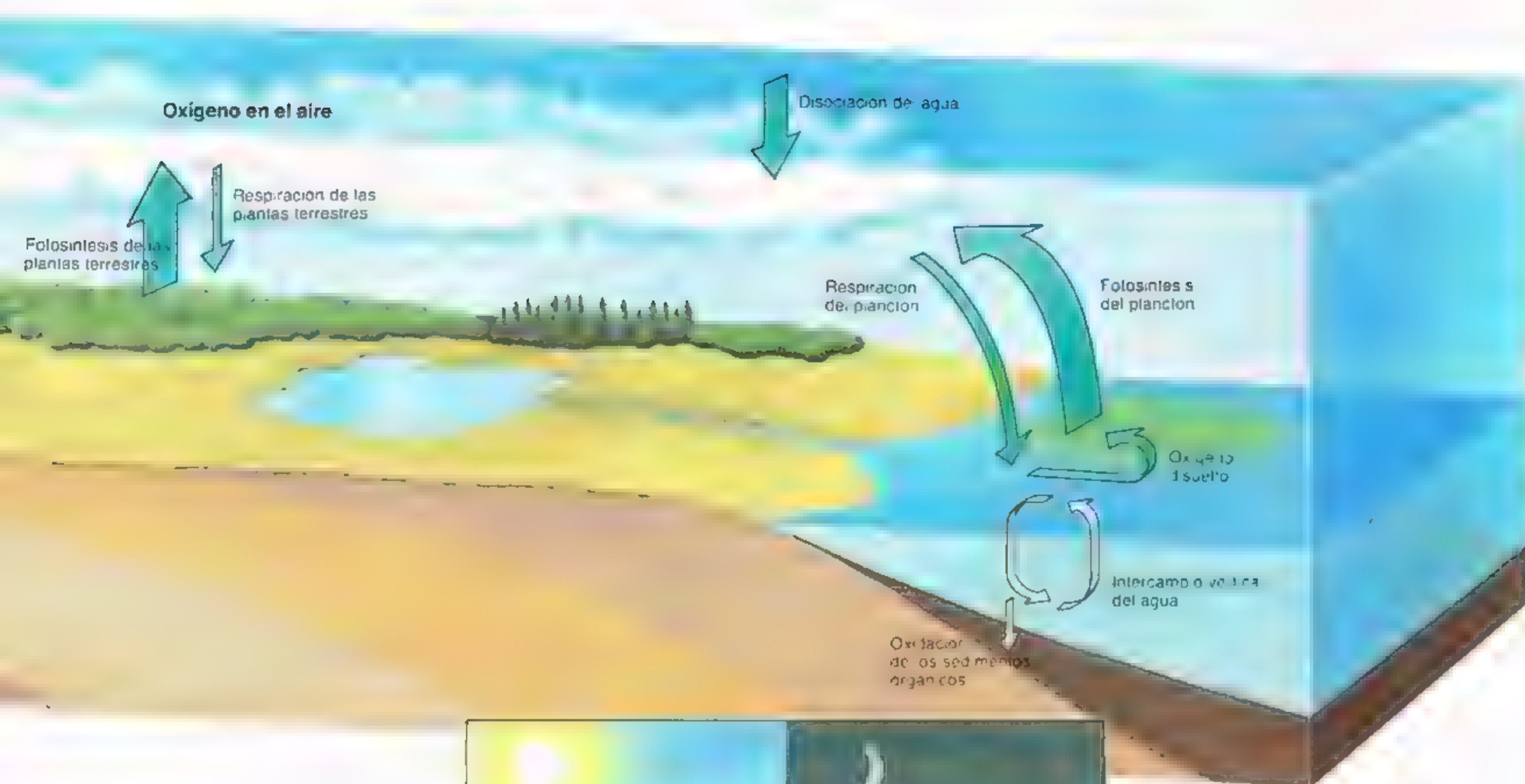
El ciclo del oxígeno

El aire contiene aproximadamente un 21% de oxígeno; esta concentración es el resultado de millones de años de fotosíntesis de las plantas verdes. El oxígeno que pudo haber existido en la atmósfera primitiva escapó hace mucho tiempo al espacio exterior. Los bosques y el océano producen la mayor parte del contenido de oxígeno de la atmósfera. La deforestación y la contaminación de los océanos pueden, pues, tener consecuencias peligrosas al disminuir la producción del oxígeno que respiramos. A su vez, los procesos respiratorios de animales y plantas liberan el oxígeno que es posteriormente liberado como parte del flujo de carbono, ciclo analizado en la ilustración siguiente.

El ciclo del carbono

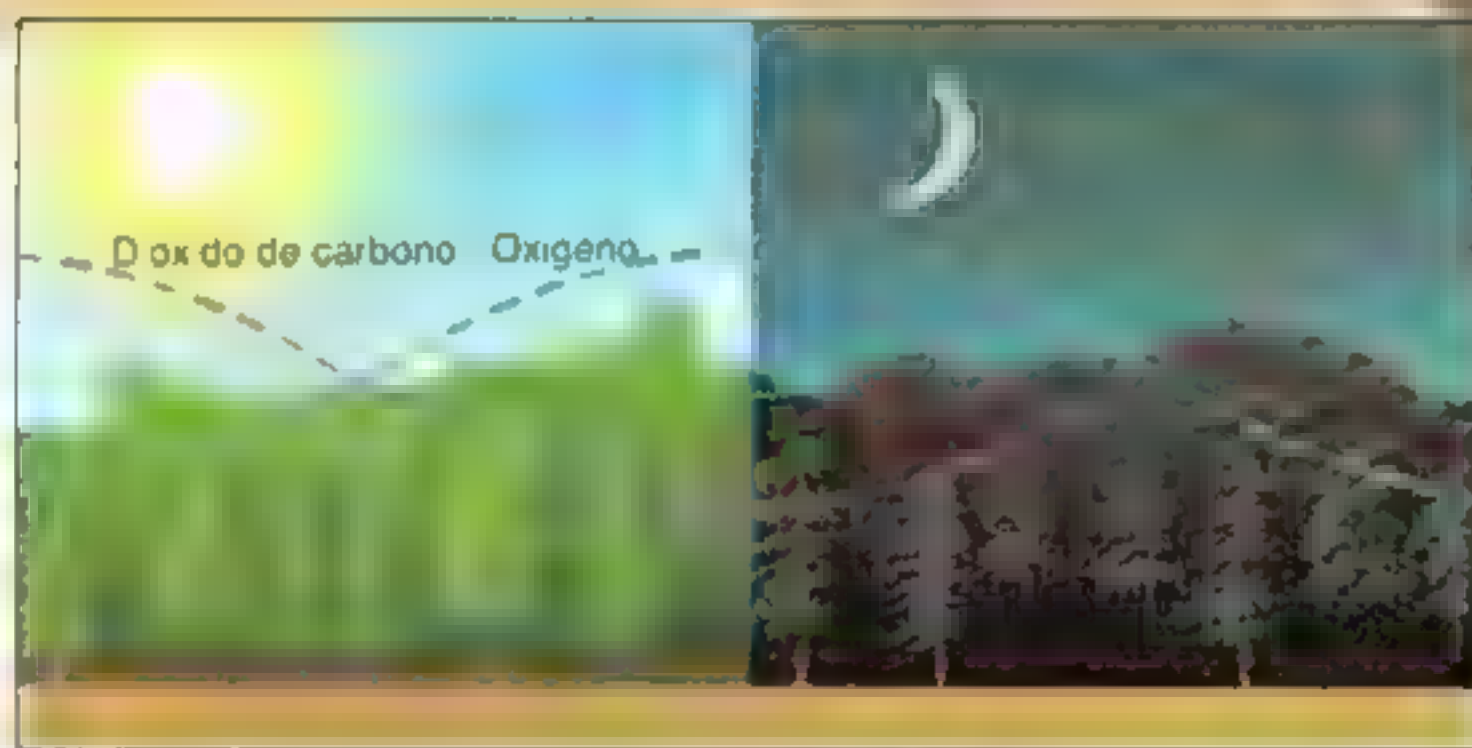
El dióxido de carbono es un componente usual de la atmósfera de los planetas y se ha la presente por ejemplo alrededor de Venus y Marte. El contenido medio de CO_2 de la atmósfera de la Tierra es de solo 0.033%. El contenido de oxígeno libre en el aire es más de 600 veces mayor. El total de carbono existente en la atmósfera es, en realidad, superior en un 50% a la cantidad fijada en los organismos vivos. En otras palabras, el carbono es escaso y tiene que reciclarse a mayor velocidad que el oxígeno. Hay enormes cantidades de dióxido de carbono disueltas en los océanos, aunque este carbono no está directamente disponible para el CO_2 (calculado por biomasa, de todos los organismos vivos terrestres). El ciclo del carbono es complejo, aunque consiste principalmente en la fijación del carbono en la fotosíntesis de las plantas verdes y en su liberación en la respiración.





Fotosíntesis y respiración

La fotosíntesis absorbe el carbono de la atmósfera y la respiración de las plantas verdes lo libera. De esta manera, el contenido de dióxido de carbono de la atmósfera queda determinado por la lucha entre estos dos procesos. Los procesos vitales de los animales no han influido en el resultado de forma apreciable, ya que más del 90% de toda la biomasa viva es vida vegetal. Ahora, por primera vez, el hombre puede romper este equilibrio con la combustión del carbón y del petróleo.



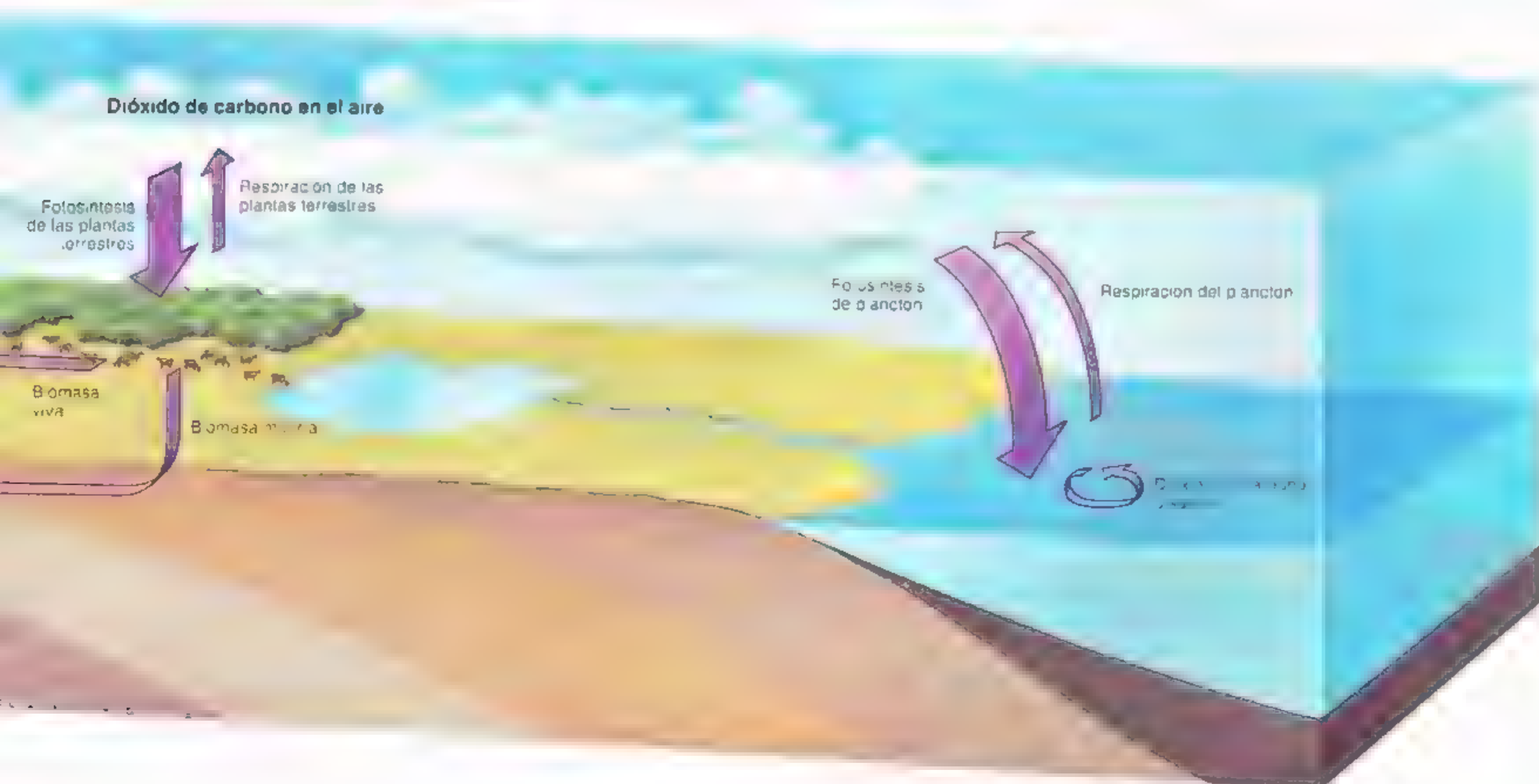
El bosque respira 24 horas al día

La fotosíntesis tiene lugar durante el día, aumentando el nivel de oxígeno de la atmósfera y disminuyendo el de CO_2 . Al anochecer cesa la fotosíntesis pero continúa la respiración y aumenta el nivel de CO_2 , llegando al máximo cerca del amanecer, cuando puede estar un 20% por encima de la media.

¿Dónde está el carbono?

Debe haber más de 50 000 millones de toneladas de carbono en la biosfera disponibles para los procesos vitales. Su distribución es aproximadamente la siguiente (todas las cifras están en miles de millones de toneladas).

Atmósfera	700
Dissuelto en los océanos	39 000
Biomasa viva en tierra	600
en el mar	< 5
Biomasa muerta	13 000



La circulación del aire

La circulación del aire en la atmósfera es producida por la convección, el trasvase de calor que se produce debido a que los gases o fluidos calientes se elevan mientras que los gases o fluidos fríos descienden. Por ejemplo, si se calienta una pared de una habitación al tiempo que se enfría la de enfrente, el aire se elevará junto a la pared caliente y se desplazará por el techo hasta la pared fría, antes de descender para volver a desplazarse por el suelo hacia la pared caliente.

Sin embargo, la atmósfera real es como una habitación muy larga con un techo muy bajo. La distancia desde el Ecuador a los Polos es de 10.000 km, mientras que la «altura del techo» hasta la tropopausa es de sólo unos 10 km. El aire, pues, se fracciona en una serie de pequeños lazos o «células convectivas». Entre el Ecuador y cada uno de los Polos existen tres células y dentro de éstas la circulación es principalmente en dirección norte-sur.

Acondicionamiento climático a gran escala

El resultado de esta circulación es un flujo de energía térmica hacia los Polos y una nivelación del clima, que hacen habitables tanto las regiones ecuatoriales como las polares. La atmósfera mantiene generalmente su estado de equilibrio, pues toda corriente de aire de dirección norte se ve contrarrestada por otra de dirección sur. De la misma forma, las depresiones en los niveles inferiores de la troposfera se ven equilibradas por las áreas de alta presión en los niveles superiores y viceversa. El trasvase atmosférico de calor está estrechamente relacionado con el intercambio de humedad entre el mar y la masa continental y entre las diferentes latitudes. El aire húmedo puede transportar mayores cantidades de energía que el aire seco.

Debido a que los cinturones de las células convectivas se mueven en sentido este-oeste, el clima y la meteorología varían según la latitud. En la zona de convergencia intertropical (zona de las calmas ecuatoriales) y en torno al Trópico de Cáncer y al Trópico de Capricornio, denominados «latitudes puentes», los barcos de vela podían pasar semanas a la deriva, incapaces de seguir un rumbo, mientras que los «rugientes cuarenta» del Atlántico Sur (40°-50° S) eran famosos entre los marinos por sus terribles vientos. Las zonas climáticas se perciben con especial claridad en el mar, al no existir masas continentales que las modifiquen.

El hombre y los vientos

Durante miles de años el hombre ha dependido de los vientos: ellos traían la lluvia a la tierra e impulsaban los barcos por los mares. Así, hace siglos que conocemos los cinturones de vientos del oeste, los vientos alisios y los monzones del sistema general de circulación. Incluso en el presente siglo, los barcos árabes navegaban de África oriental a la India con los monzones del sureste, regresando con los monzones del noreste, sin necesidad de brújula. Bastaba únicamente con los vientos.

Sin embargo, hasta la aparición del globo, a finales del siglo XVIII, no fue posible estudiar las condiciones meteorológicas a grandes alturas. El globo sigue siendo un importante medio de investigación, si bien en la actualidad, en lugar de transportar personalmente a los científicos, lleva un reflector de radar o un equipo de instrumentos y un transmisor de radio. Hoy en día, los aviones de gran altura y los satélites son también importantes auxiliares de la meteorología. Gracias a ellos hemos descubierto la corriente en chorro («Jet Stream»), que se mueve en sentido oeste-este. Sopla a velocidades de hasta 500 km/h a alturas de 9.000-10.000 m, a lo largo del límite entre el Ártico y los cinturones de convección de la zona templada.

Frentes meteorológicos

La circulación en el interior de las diversas células convectivas es mayor que el intercambio de aire entre éstas, por lo que la temperatura de dos células próximas puede variar considerablemente. Consecuentemente, los límites entre las diversas células convectivas son zonas en las que las masas de aire cálido y las de aire frío se oponen entre sí, avanzando y retrocediendo. En el hemisferio norte la línea divisoria entre el Ártico y las zonas templadas de convección es el frente polar, que determina el tiempo meteorológico en el norte de Europa y de América del Norte. Este frente es inestable, abriéndose paso a veces hacia el norte, a veces hacia el sur, desde una latitud media de 60° N. Las depresiones quedan atrapadas en las profundas concavidades de este frente y posteriormente se desplazan con él hacia el este, con zonas de lluvia y nieve. De esta forma, la circulación general del aire determina no sólo el clima a largo plazo, sino también el tiempo inmediato.



Circulación general

La circulación del aire a gran escala se realiza por convección. El aire cálido se eleva en el Ecuador y luego se desliza hacia el norte o el sur, mientras que las corrientes de aire frío se desplazan de los Polos al Ecuador. Cada hemisferio tiene tres cinturones de células convectivas y la circulación en el seno de cada uno de los cinturones es mayor que entre ellos.

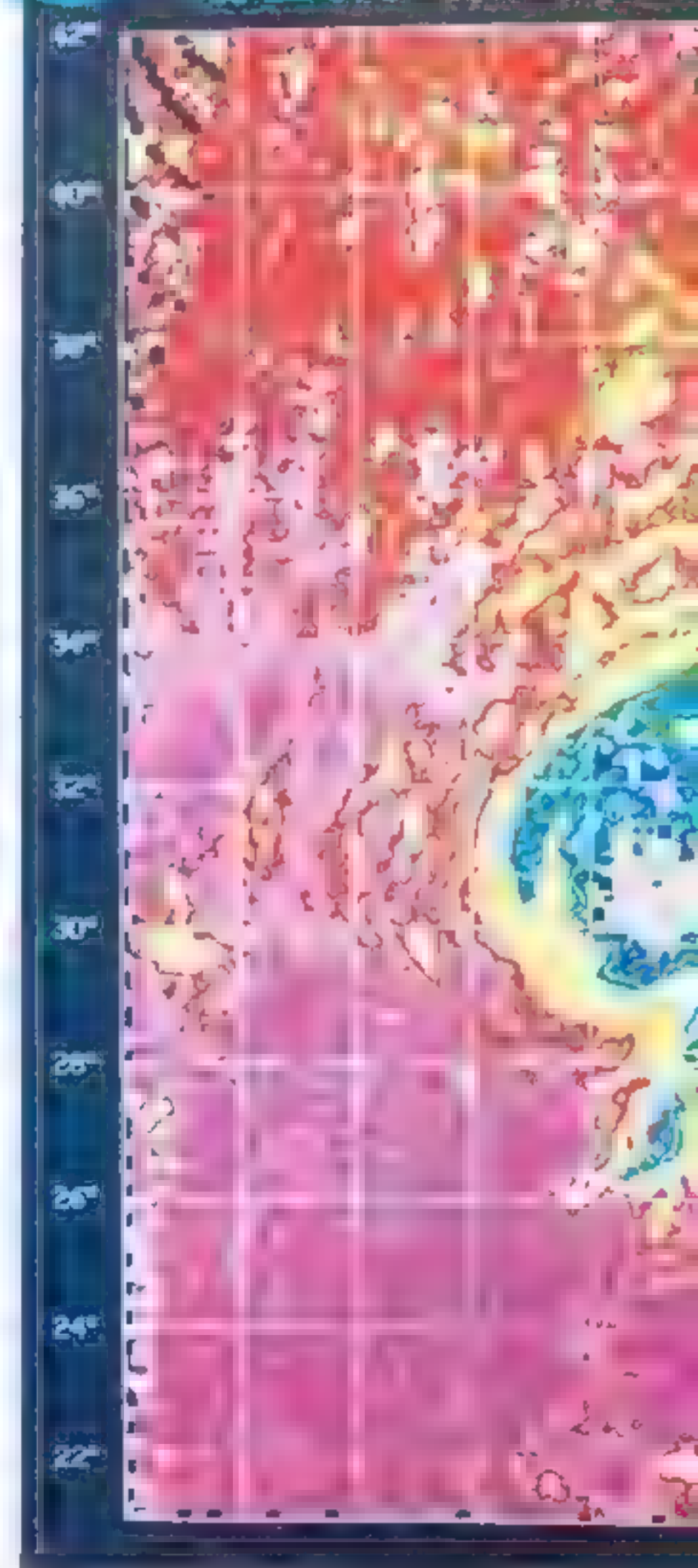
Si la Tierra no rotase, los vientos soplarían principalmente en sentido norte-sur. La rotación de la Tierra hace que desvíen su rumbo (flechas oblicuas). El modelo presentado sobre estas líneas es esquemático y presupone un planeta totalmente cubierto de agua. Los continentes crean sistemas de vientos locales.

A ras de tierra, el aire se desliza desde ambos hemisferios hacia el Ecuador. Una zona de convergencia intertropical va a lo largo del Ecuador y los marinos del pasado procuraban evitarla por sus vientos debiles e inestables. El intercambio de aire entre los hemisferios norte y sur es un proceso bastante lento.

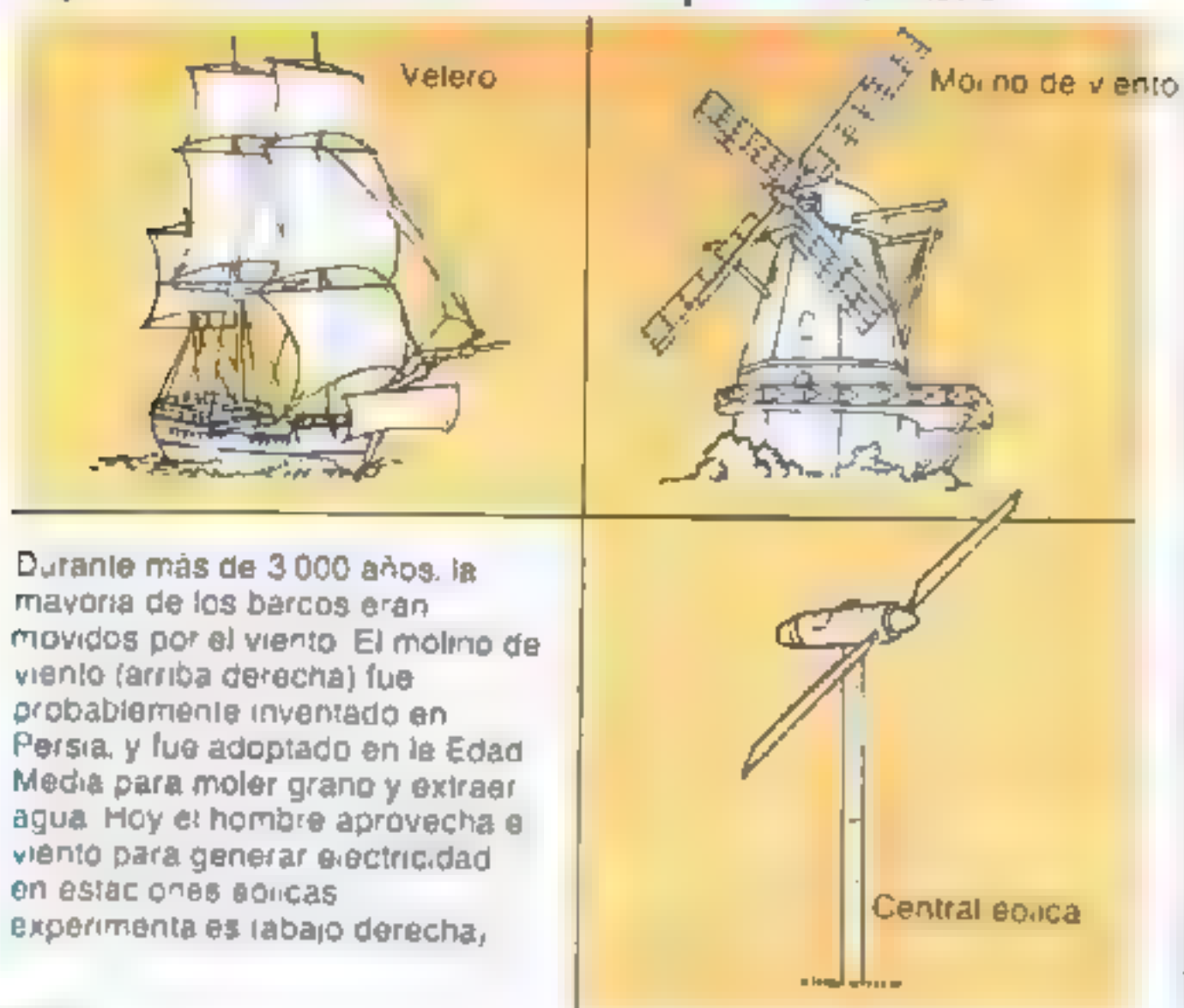
Un ciclón tropical

Un huracán del Golfo de México que se dirige a la costa de Estados Unidos es vigilado por instrumentos sensores de temperatura instalados en un satélite meteorológico. En la estación de tierra, los datos numéricos se trasladan a un mapa (derecha). El núcleo del huracán es una pequeña pero muy intensa depresión, y se puede apreciar claramente la espiral de aire en dirección al «ojo».

Los colores los produce el ordenador que realiza el mapa e indican las temperaturas de la alta troposfera, a unos 10.000 m de altura. La escala de colores en el extremo derecho, está graduada en Kelvins. Un Kelvin (K) equivale a 1 °C, aunque el cero de la escala es el cero absoluto: -273,2 °C.



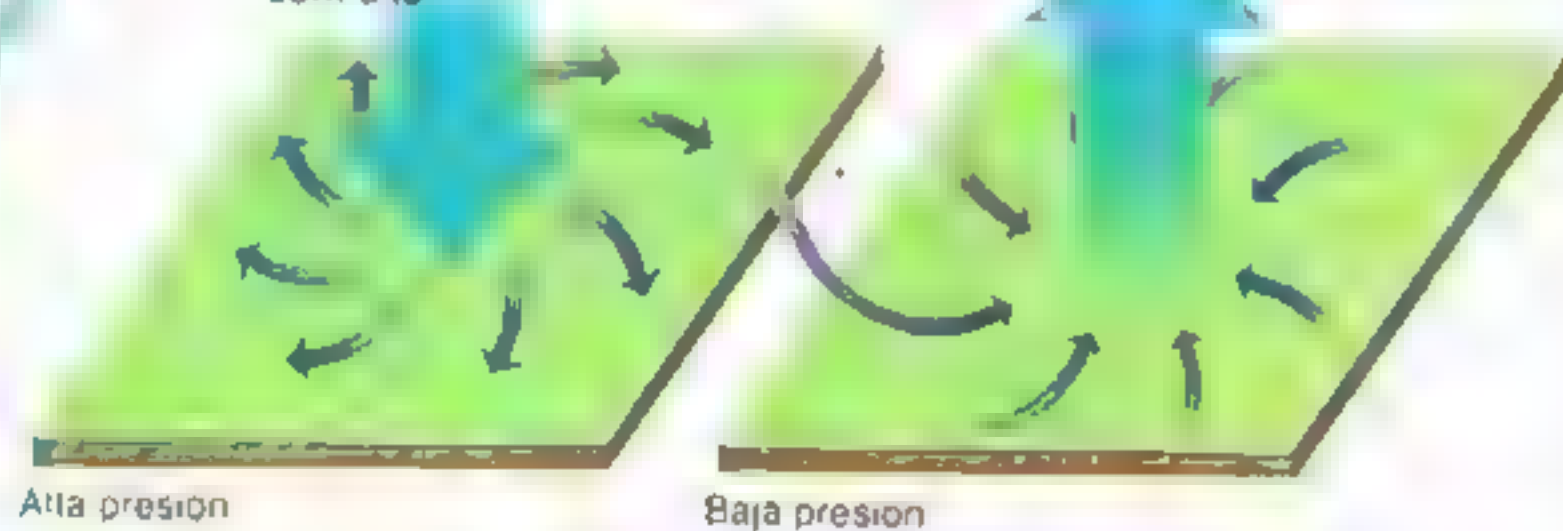
Aprovechamiento del viento por el hombre



Ecuador

Circulación local

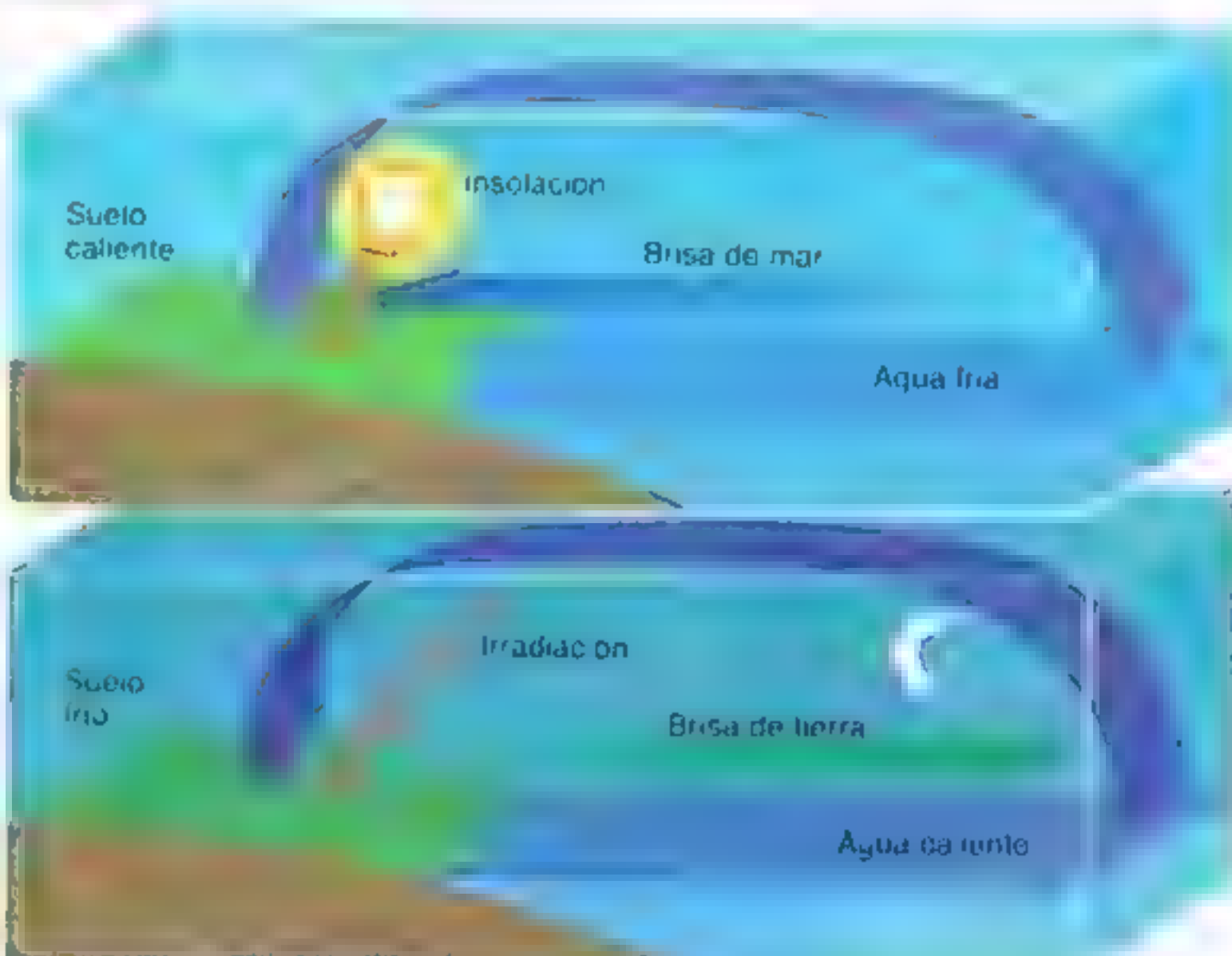
En el hemisferio norte, la rotación de la Tierra desvía los vientos haciendo que soplen en el sentido de las agujas del reloj en torno a un área de alta presión (un anticiclón), y en sentido contrario en torno a una depresión (un ciclón). En el hemisferio sur, siguen el sentido contrario.



Montañas, vientos y lluvia

Cuando en la trayectoria del viento dominante se interpone una cordillera, la masa de aire que se eleva en el lado de barlovento se enfría y la humedad se precipita en forma de lluvia. Esta es la causa de que las colinas de Assam lleguen a tener hasta 250 cm (2 500 mm) de lluvia en un mes durante el monzón Suroeste. La parte de sotavento se halla en la «sombra pluviométrica» y tiene un clima seco.

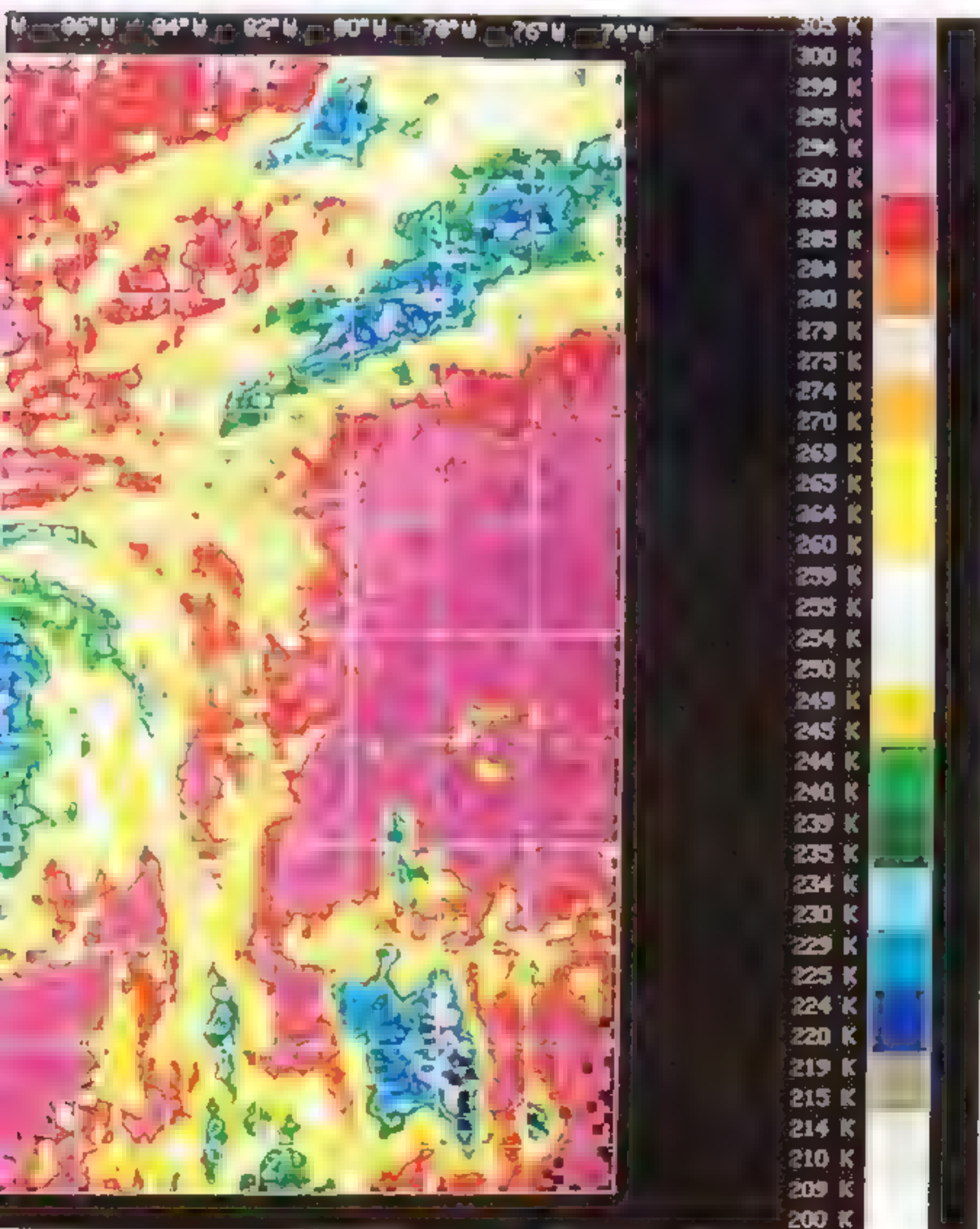
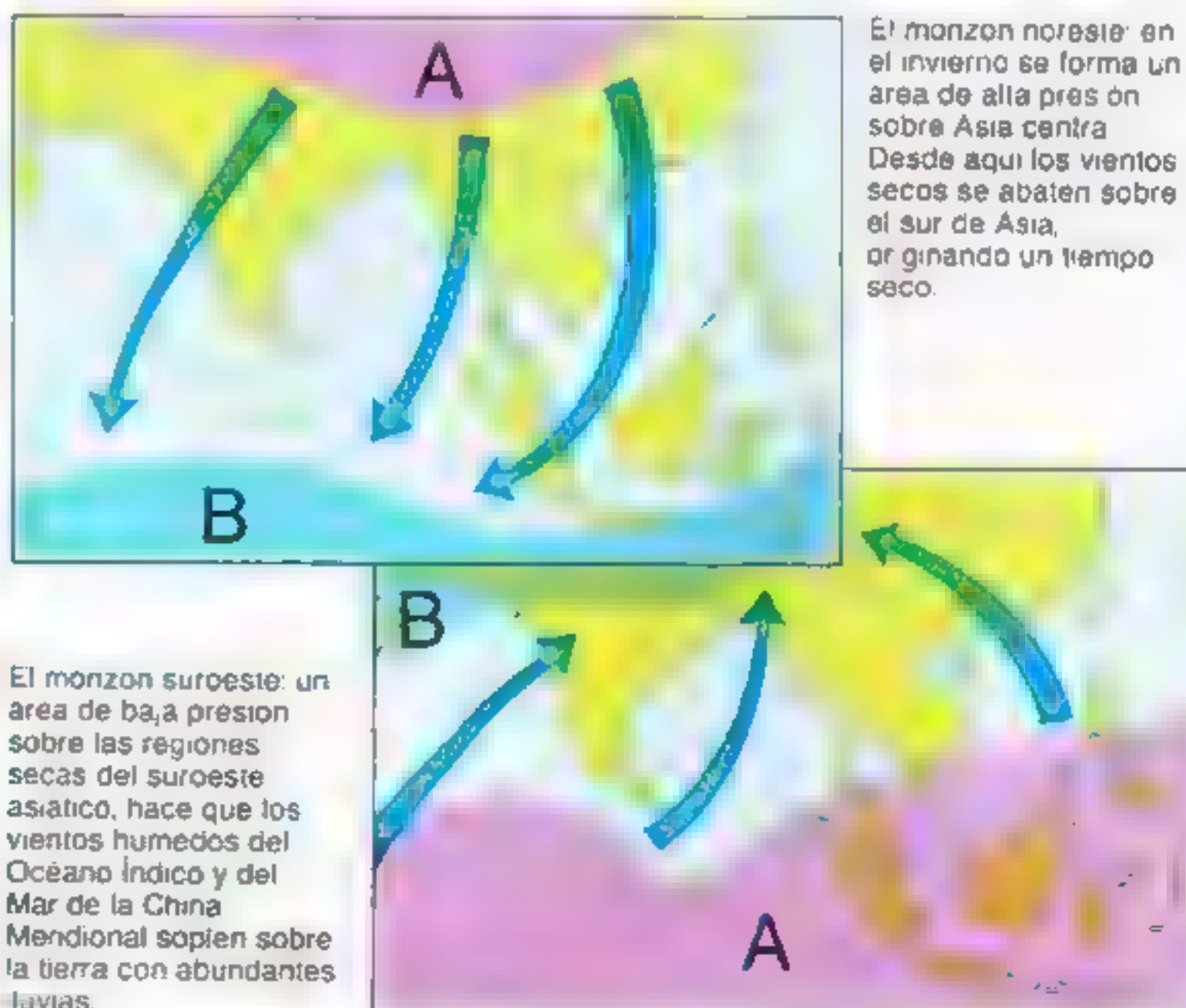
Brisas



Durante el día, la tierra se calienta con más rapidez que el mar y el aire situado sobre la tierra se eleva. Su lugar es ocupado por aire más frío del mar, creando una brisa de mar. De noche la tierra se enfría rápidamente mientras que el agua conserva el calor. El aire se eleva en el mar, creando una brisa de tierra. A mayores alturas el sentido se invierte, a menos que otros sistemas de vientos mayores alteren el proceso.

Vientos estacionales

Los monzones son brisas de mar y de tierra a gran escala, activadas por cambios de temperaturas anuales, no diarios. Dan lugar a periodos lluviosos y secos en el sur y en el este de Asia.



Entre las nubes

La energía solar que calienta la atmósfera de la Tierra no es sólo responsable del sistema general de circulación, sino también de la circulación local del aire. La circulación general se desarrolla principalmente en sentido horizontal, moviendo el aire cálido de los trópicos a las regiones polares y el aire frío en sentido contrario. La circulación local, por su parte, opera más bien verticalmente, dando lugar a las corrientes ascendentes y descendentes. Estos vientos verticales no se pueden ver ni sentir, excepto en un avión, donde la turbulencia puede crear «baches» incómodos; sin embargo, vemos a diario un producto de los vientos verticales, las nubes del cielo. Algunos conocidos vientos locales, como el mistral y el siroco, son básicamente vientos «horizontales».

Aire y agua

El aire de la troposfera contiene siempre cierta cantidad de vapor de agua. La cantidad depende de la evaporación: sobre el mar la humedad es alta, sobre el desierto es muy baja. Hay también una cantidad máxima, relacionada con la temperatura. A los 20° C, un metro cúbico de aire puede contener hasta 17,3 g de agua. Si la temperatura desciende a cero, ese mismo volumen de aire sólo puede retener 4,9 g de agua; el resto se precipita en forma de pequeñas gotas microscópicas. Estas gotas se forman alrededor de núcleos de condensación, que pueden ser bien partículas de polvo o bien pequeños cristales de sal de la superficie del mar. Cuando esto sucede a ras del suelo se le denomina niebla, mientras que a mayores alturas da lugar a las nubes. Estas gotas son tan diminutas que pueden permanecer suspendidas indefinidamente en corrientes ascendentes muy ligeras. Si se unen formando gotas mayores, caen en forma de lluvia.

Montañas, frentes y corrientes térmicas

¿Cómo puede enfriarse rápidamente una masa de aire cálido? En ciertos casos, esta pérdida de calor puede darse mediante la conducción térmica al pasar sobre un suelo frío o un mar helado, o de noche por la irradiación. Pero una forma más rápida consiste en obligar a la masa de aire a elevarse, haciéndolo expandirse debido a la menor presión existente a su alrededor. A este tipo de expansión adiabática (expansión sin aumento de calor) le sigue siempre un descenso de la temperatura.

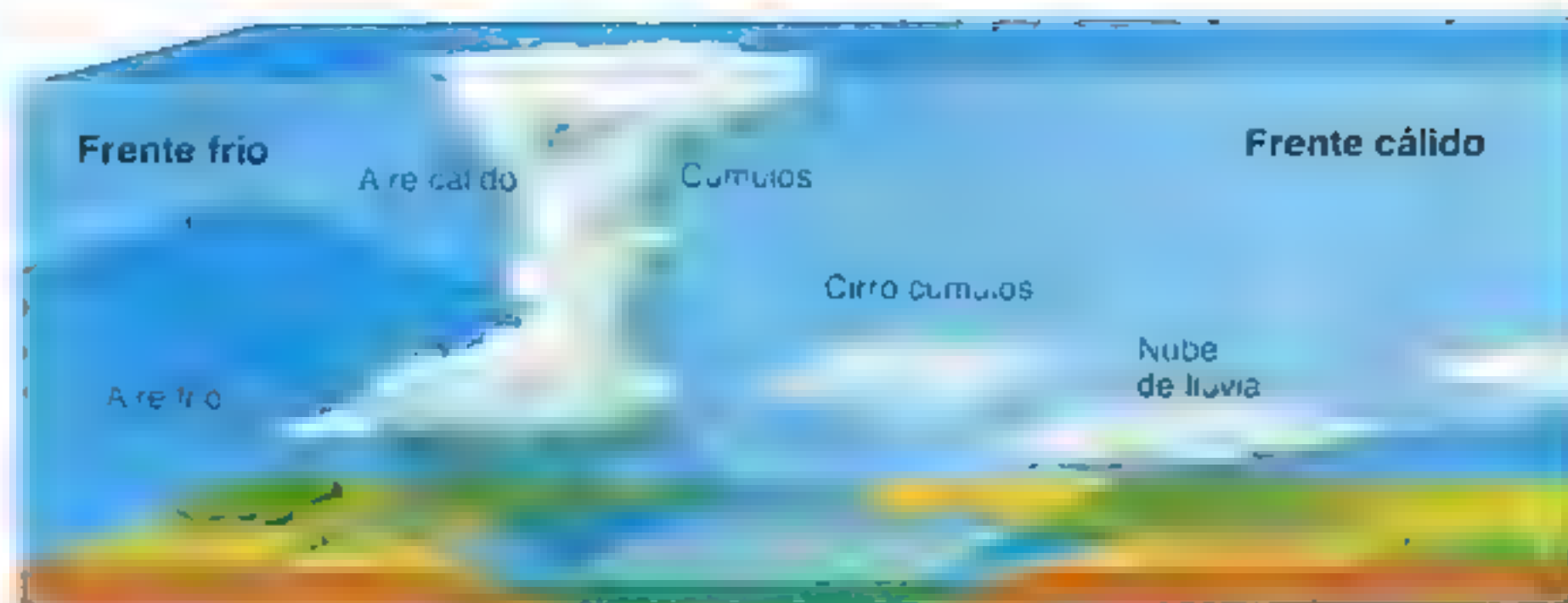
Una cordillera interpuesta en el sentido del viento puede obligar al aire a elevarse de forma natural. Así, se suelen formar las nubes de lluvia en el lado de barlovento de montañas o colinas, mientras que en el lado de sotavento se halla en una «sombra pluviométrica». Por ejemplo, la cordillera del Himalaya obliga a los vientos húmedos del monzón a soltar la mayor parte de la lluvia sobre el norte de la India, mientras que la meseta tibetana permanece seca. Los frentes funcionan como cordilleras móviles: a lo largo de un frente frío el aire se introduce por debajo de una masa de aire cálido, obligándola a elevarse, generalmente con fuertes lluvias y tormentas. Se produce un frente cálido cuando el aire caliente se eleva sobre una masa de aire frío, desplazándola.

Las corrientes cálidas ascendentes, denominadas «térmicas» por los pilotos de planeadores, proceden del calentamiento local del suelo y del aire situado sobre él por efecto del sol. El aire caliente se eleva debido a su temperatura y humedad relativa respecto a la masa de aire circundante. Cuando el aire llega a una cierta altura, la «base de nubes», el vapor de agua se condensa. Así se forman sobre este nivel los cúmulos ondulantes.

La tormenta

Las fuertes corrientes ascendentes, bien de naturaleza térmica o producidas por el paso de un frente frío, suelen ir seguidas de tormentas. Las diminutas gotas de agua en circulación dentro de la nube desarrollan distintas cargas eléctricas y se crean enormes diferencias de voltaje en diversas partes de la nube, hasta que finalmente se descargan en forma de rayos. Sin embargo, el interior de una nube de tormenta es un medio complejo y todavía no se conoce bien cómo se separan las cargas positivas y negativas y cómo se trasladan a diferentes partes de la nube. La energía total de una tormenta eléctrica puede ser de la misma magnitud que la de una explosión nuclear.

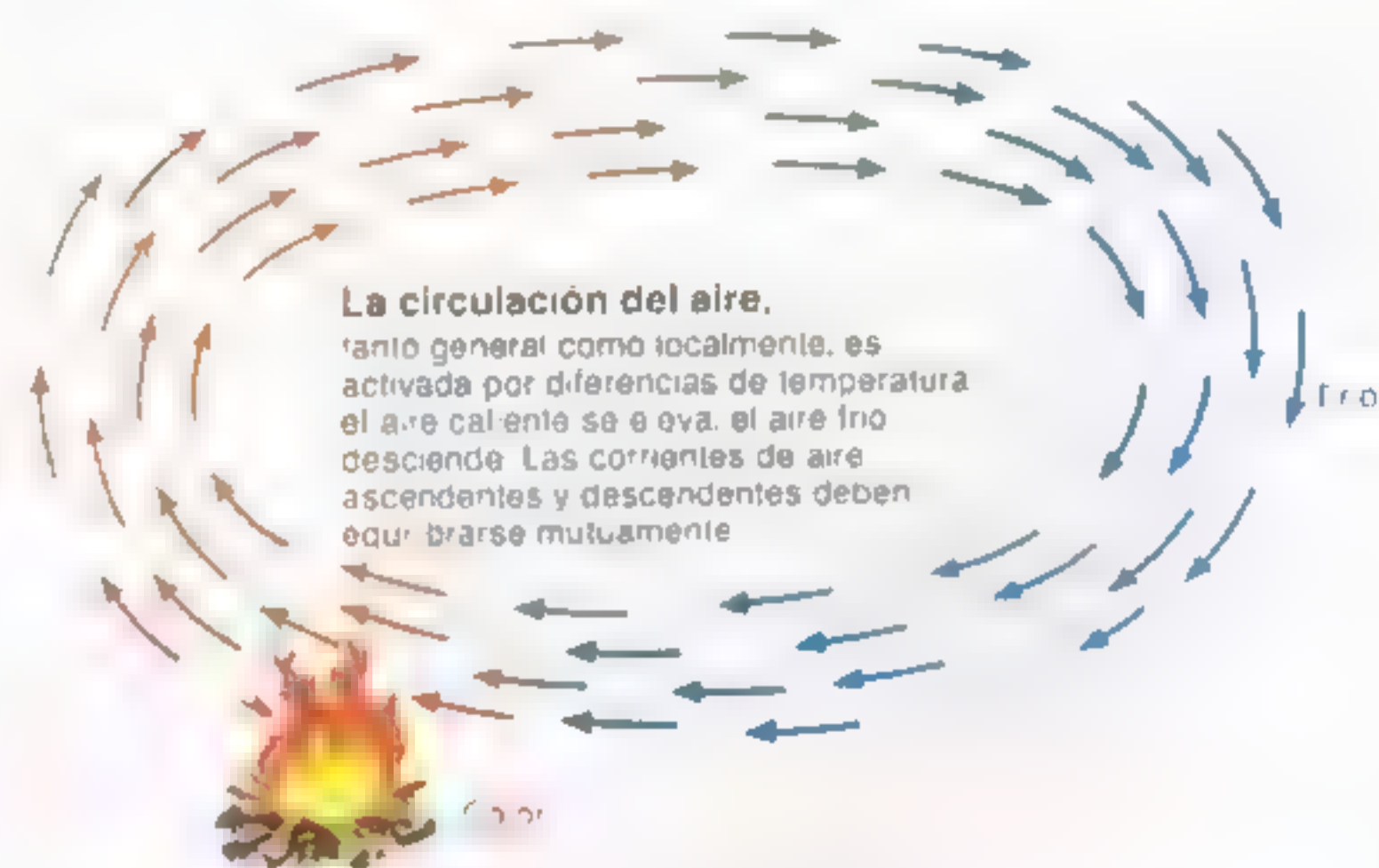
Un rayo dura sólo aproximadamente 1/1.000 de segundo, aunque la energía eléctrica de esta breve descarga puede llegar a cientos de miles de amperios. El trueno se produce por el rápido calentamiento y expansión del aire al producirse el rayo, que crea un tremendo aumento de la presión y da lugar al tronido.



Los frentes fríos y calidos

determinan los cambios meteorológicos en las latitudes templadas. Cuando el aire frío (izquierda) se abre paso por debajo del aire cálido sue producir una fuerte tormenta. El frente cálido (derecha) se produce cuando el aire cálido, generalmente húmedo, se desplaza sobre el aire frío.

El resultado es una lluvia regular mas que fuertes aguaceros. El frente frío está siempre mas inclinado que el frente cálido: los ángulos de inclinación son aproximadamente de 5° y 25° respectivamente. Las diferentes formaciones nubosas anuncian la llegada de los diversos frentes.

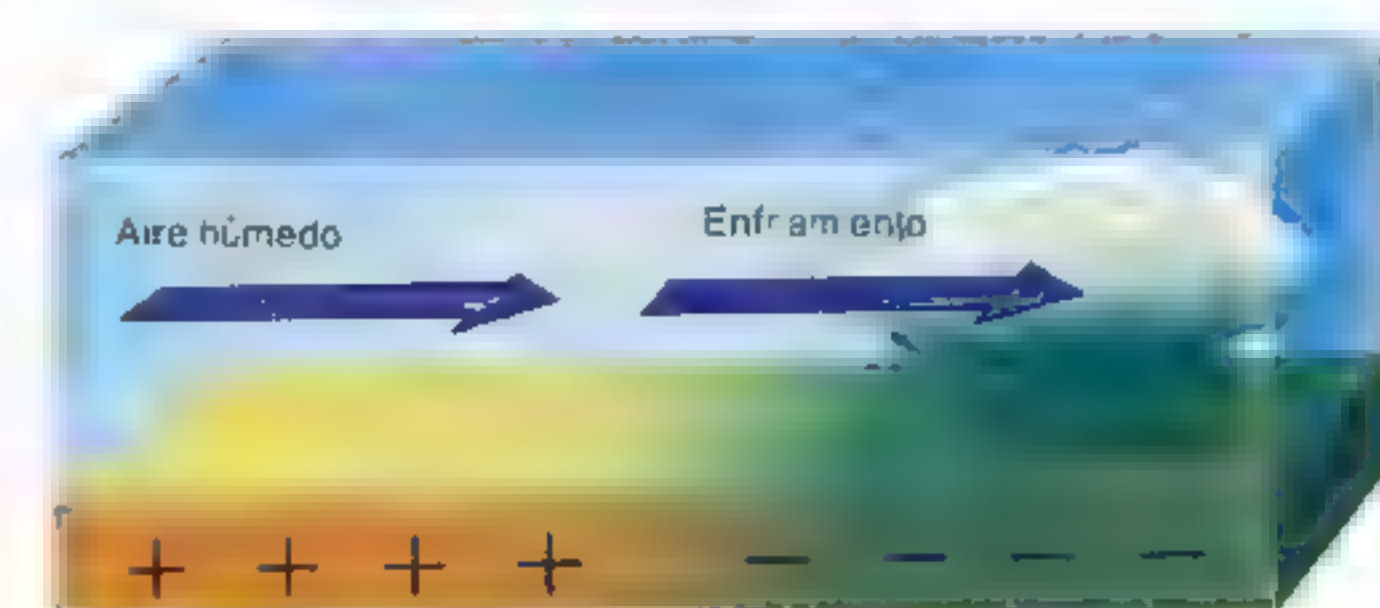


Precipitación



Montañas y lluvias

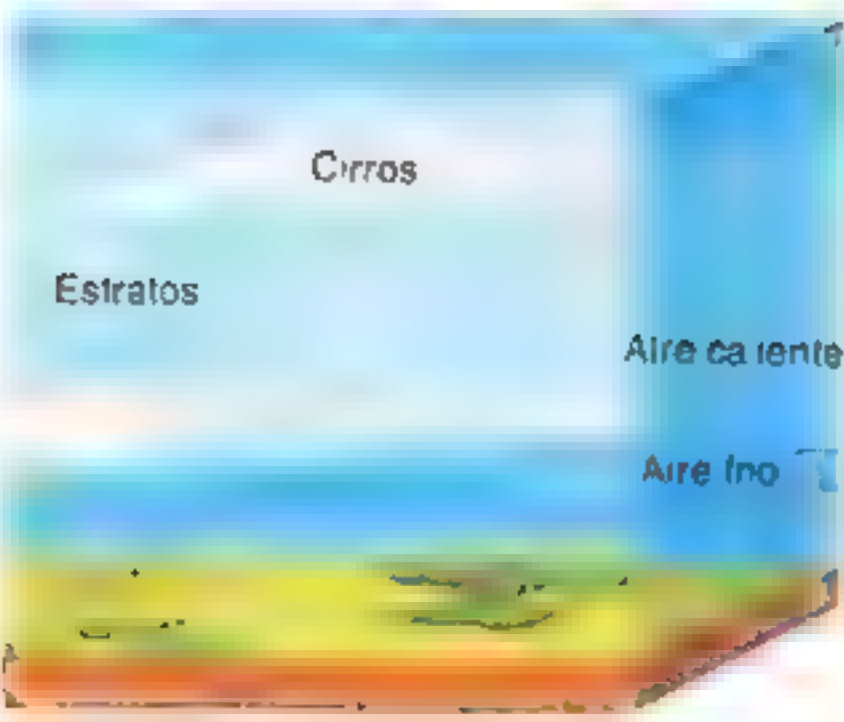
Cuando una montaña obliga a elevarse a los vientos húmedos, la reducción de presión resultante a elevadas alturas produce un descenso de la temperatura y la formación de nubes. De esta forma, ciertos puntos al sur del Himalaya pueden tener 250 cm de lluvia en un mes.



Frio y lluvia

Un proceso de enfriamiento puede producirse también a consecuencia de la pérdida de calor hacia un suelo frío o una masa de agua fría o por la irradiación. Este proceso produce también nieblas, es decir, nubes a nivel del suelo.

Una nube de tormenta



Un cúmulo

no es solo una nube de buen tiempo. Puede convertirse en una nube de tormenta (cumulonimbus o *cumulus tonans*) y a veces la nube toma forma de "yunque" (*cumulonimbus incus, derecha*).

La parte superior

de la nube está formada frecuentemente por cristales de hielo. En vez de al que se helan las gotas de agua depende de la temperatura.

Corrientes ascendentes

se forman dentro de la nube, alcanzando a veces fuerza de vendaval. Adquieren mayor fuerza justo por encima de la base de la nube, cuando la condensación libera calor, aumentando la "flotación" del aire.

Las corrientes descendentes

no tienen la fuerza de las ascendentes, pero pueden ser muy violentas. Corrientes descendentes y ascendentes producen turbulencias que han llegado a romper las alas de aviones ligeros.

La base de la nube

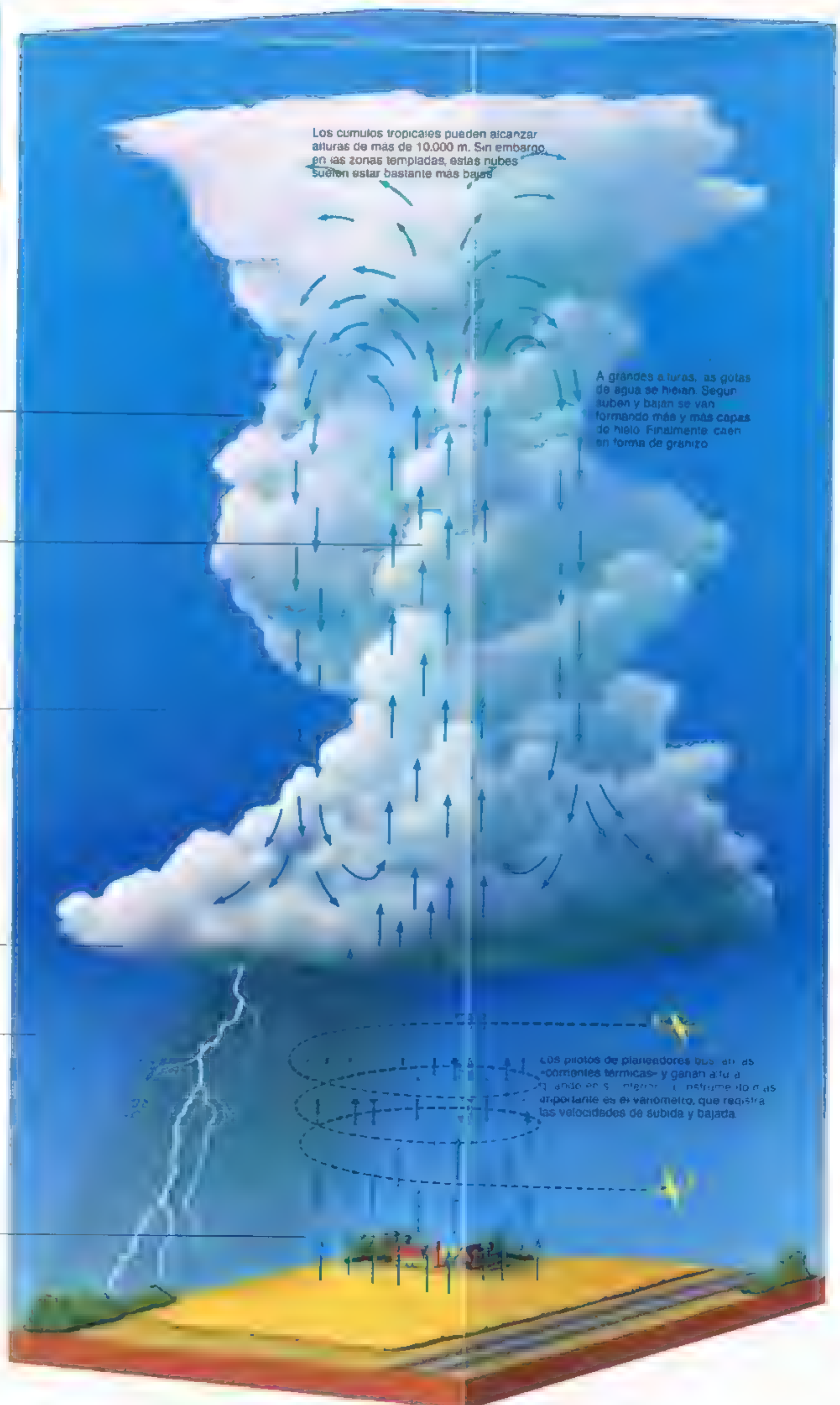
es el nivel en el que la temperatura permite que se inicie la condensación.

Las tormentas

se producen en nubes con circulación violenta. Las corrientes de aire forman un generador electrostático gigantesco.

El aire caliente

se concentra sobre el suelo caliente hasta perder contacto con la superficie y elevarse como un globo de aire. Es reemplazado por aire frío, que a su vez se va calentando.



Estaciones y climas

La Tierra gira alrededor del Sol en un recorrido elíptico, y el Sol, el cuerpo central de nuestro sistema planetario, se encuentra en uno de los focos de esta elipse. En términos astronómicos, la distancia entre la Tierra y el Sol no varía mucho. La distancia media es un poco menos de 150 millones de kilómetros. La Tierra da una vuelta alrededor del Sol en poco más de 365 días y seis horas; las horas sueltas forman un día bisiesto cada cuatro años.

Es fácil darse cuenta de que las variaciones estacionales no son resultado de la variación de la distancia de la Tierra al Sol; si así fuera, el hemisferio norte y el sur tendrían el verano al mismo tiempo. Las variaciones estacionales de temperatura y de horas de día y noche son consecuencia del eje oblicuo de la Tierra, que inclina primero un hemisferio y luego el otro hacia el Sol. Si la tierra careciera de atmósfera y de hidrosfera, este eje oblicuo no tendría ninguna consecuencia importante. Nuestro satélite, la Luna, no tiene nada semejante a las estaciones. Sin embargo, en la Tierra, las diferencias en la distribución de la energía solar que llega a su superficie activa los movimientos del aire y del mar en un ciclo diario o anual. Los vientos, las olas y las corrientes, el calor húmedo de las selvas tropicales y el frío penetrante de la tundra, son resultado todos ellos de variaciones locales y periódicas. Las consecuencias llegan aun más lejos: el clima determina el tipo de vegetación y la fauna que ésta alimenta. Todos los tipos de clima tienen su propio ecosistema.

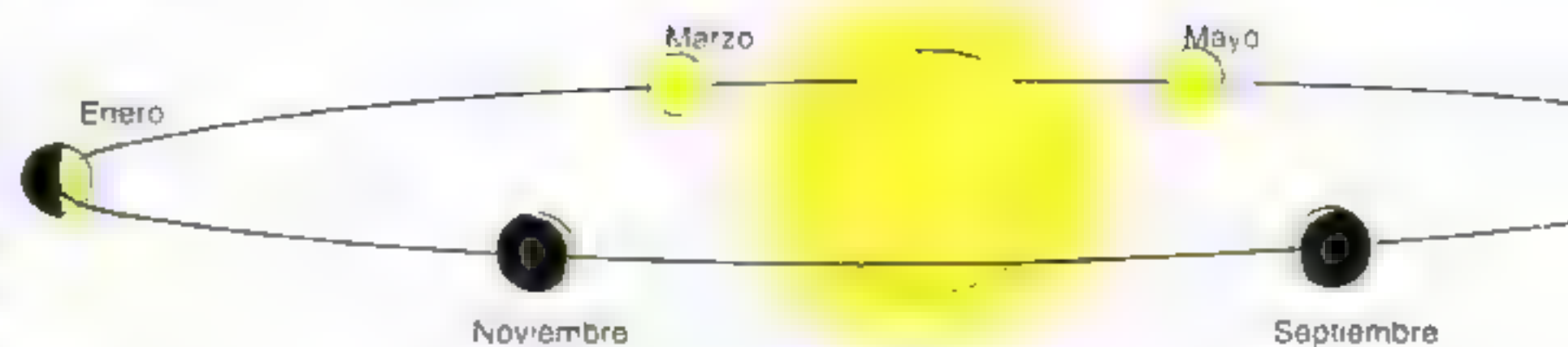
El clima es el valor medio del tiempo. Los climatólogos calculan esta media a lo largo de un período de 30 años con el fin de conseguir cifras representativas en las que poder basar sus clasificaciones. En la década de 1910, el austriaco Köppen trazó una clasificación de los climas del mundo basada en dos variables, la temperatura y el régimen de precipitaciones. Este sistema se sigue usando en líneas generales y es la base de la tabla de climas que aquí se muestra. Se pueden emplear otras variables: la relación entre precipitaciones y evaporación, el número de horas de insolación, la altura sobre el nivel del mar, la relación entre radiaciones incidentes y radiaciones reflejadas, y así sucesivamente. El balance de radiación, en especial, tiene una importancia fundamental. Los calurosos días y las frías noches del Sahara, por ejemplo, se producen porque la atmósfera seca no obstaculiza lo más mínimo las radiaciones incidentes durante el día ni las radiaciones reflejadas por la noche.

El frío del invierno se intensifica cuando la blanca nieve y el hielo reflejan una gran parte del calor solar que nos llega. La distancia al mar determina la diferencia entre un clima continental y un clima marítimo. El clima continental suele ser seco con grandes diferencias entre el verano y el invierno, mientras que el clima marítimo es más húmedo y tiene una temperatura más regular. En Verjoiansk, en la tundra siberiana, la diferencia entre las temperaturas medias de los meses más cálidos y los más fríos del año es de 68° C. En Godthåb, en la costa oeste de Groenlandia, es de sólo 17° C.

Los científicos están estudiando el clima de la Tierra en épocas geológicas pasadas, el paleoclima. La geología proporciona ciertas claves. Hay tipos de roca en Inglaterra, por ejemplo, que se formaron durante un clima desértico. El estudio de los anillos de crecimiento anual de los árboles vivos y fósiles, la dendrocronología nos permite remontarnos a miles de años atrás. La relación entre los diferentes isótopos de oxígeno en el hielo interior de Groenlandia y entre muestras de cieno de las profundidades marinas nos dan cierta indicación de los cambios climáticos del pasado. Pero es un tema complejo y no resulta fácil establecer una correlación entre los diferentes resultados.

Los climas y la biosfera

El agua es el disolvente universal y de una importancia vital para todos los organismos. La luz solar es la fuente de energía de las plantas y por ello también de los animales en un último análisis. La temperatura determina también la existencia del agua en forma de líquido o de hielo. Las precipitaciones (líneas azules de los diagramas pequeños) y la temperatura (líneas rojas) determinan la vegetación (ilustraciones grandes). Aparte de estos tipos principales, hay muchas otras variaciones causadas por condiciones locales, como, por ejemplo, un macizo montañoso, irregularidades en el sentido de los vientos, etc.



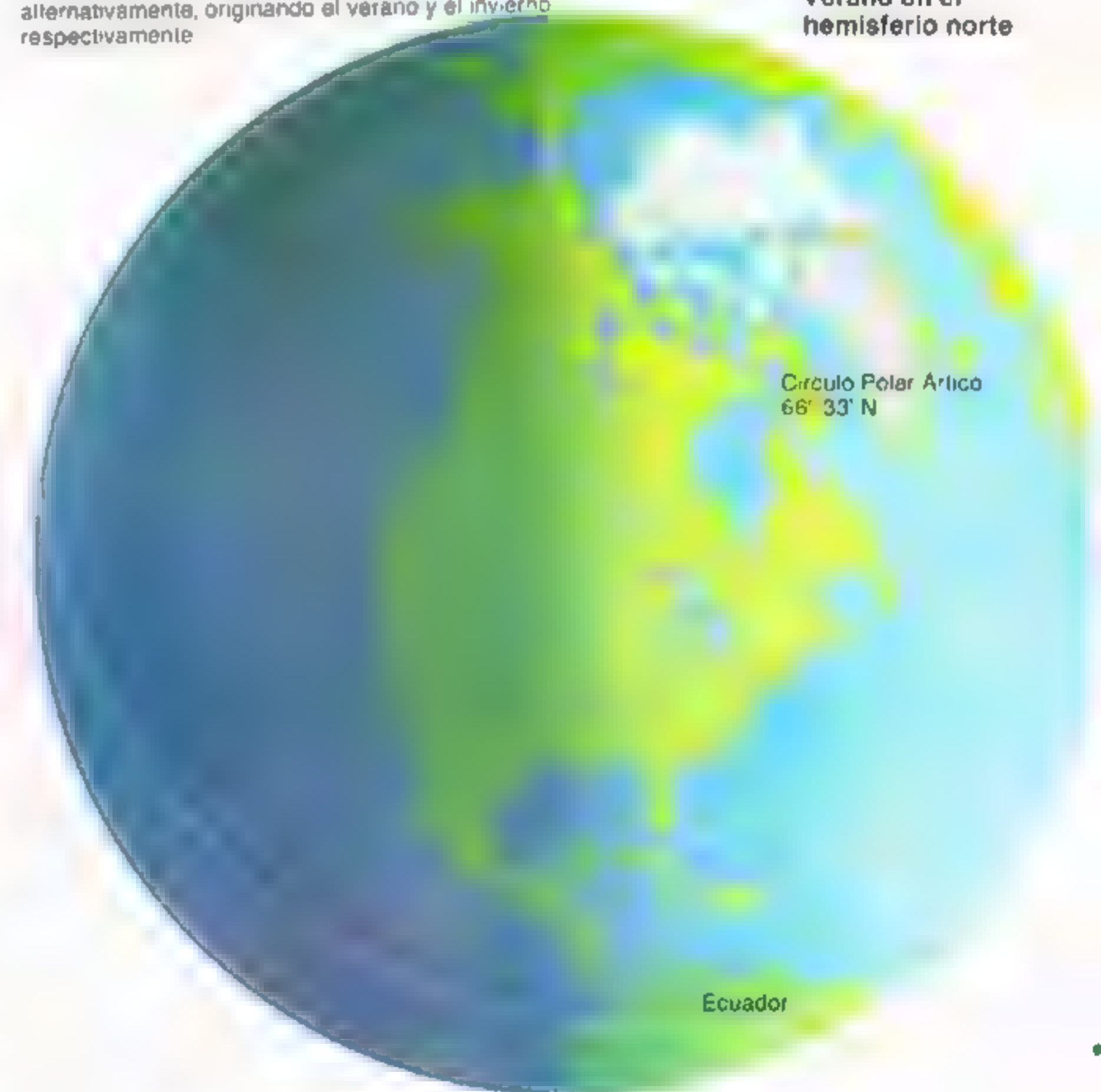
En torno al Sol

En el curso de un año la Tierra recorre una órbita completa alrededor del Sol. Esta órbita, de aproximadamente 940 millones de km, es elíptica, aunque esto no influye en los cambios de estación. De hecho, la Tierra está más próxima al Sol en enero. El ángulo de inclinación del eje de la Tierra determina las estaciones.

Las estaciones

El eje de la Tierra que va del Polo norte al Polo sur se inclina 23° 27' en relación con el plano de su órbita, la eclíptica. Como el eje de un giróscopo o de una peonza, el eje de la Tierra señala siempre en la misma dirección, a pesar de que el planeta gire alrededor del Sol. Esta es la causa de que los dos hemisferios miren hacia el Sol alternativamente, originando el verano y el invierno respectivamente.

Verano en el hemisferio norte

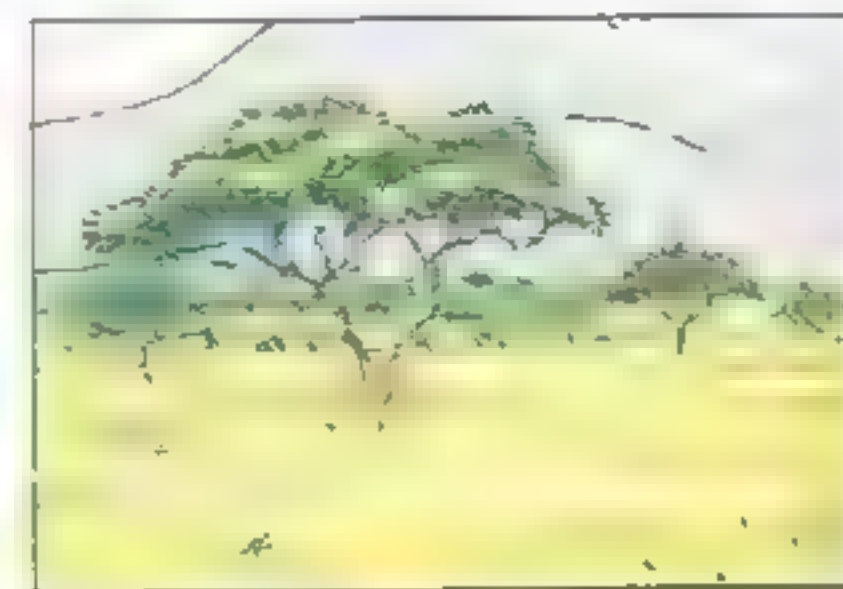
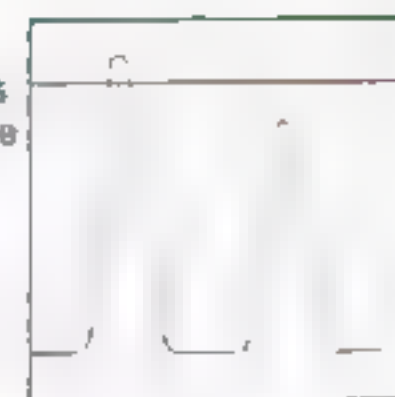


Calor, humedad y vegetación

Será ecuatorial de tierras bajas: temperatura y humedad altas y regulares durante todo el año.



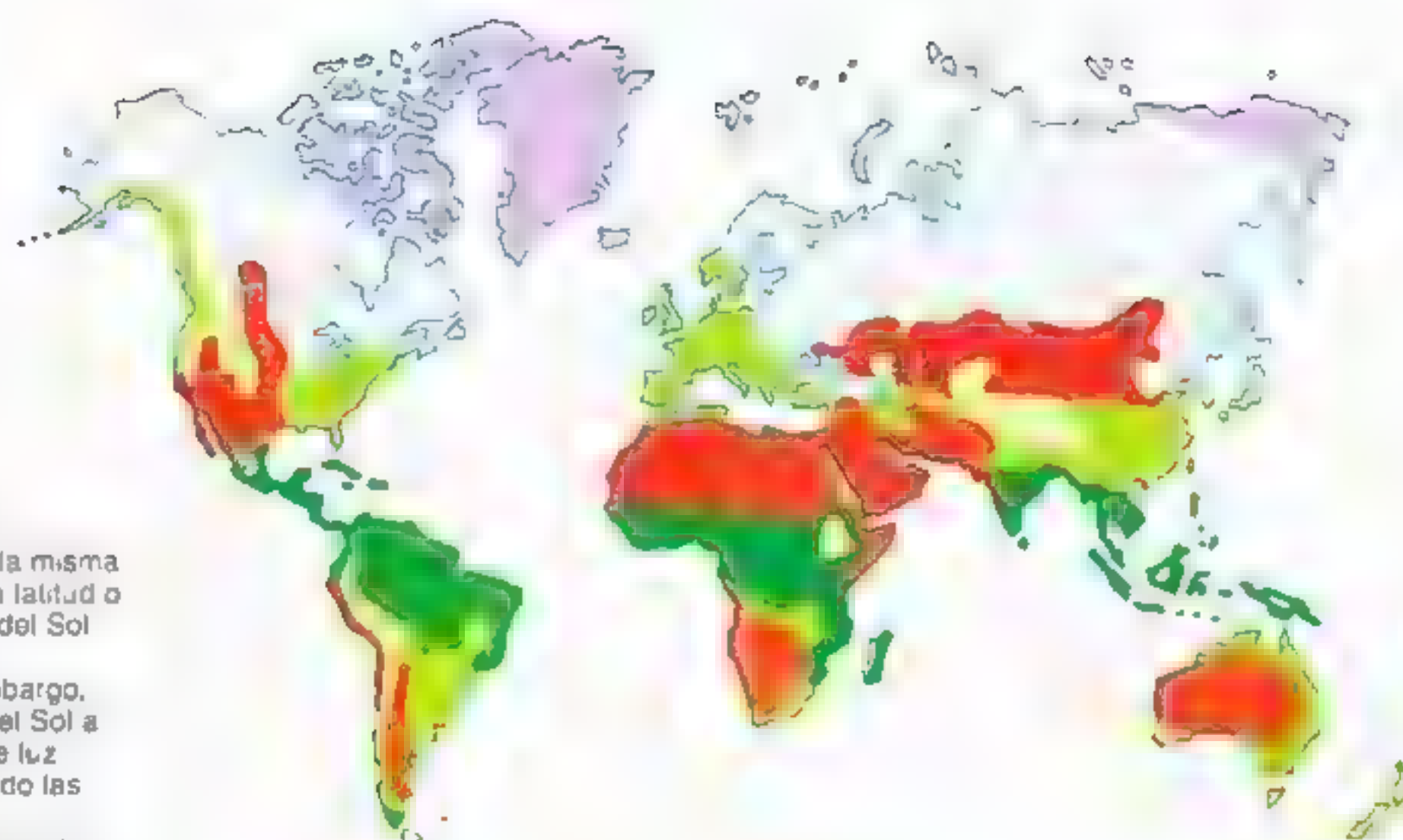
Sabana: temperaturas altas y regulares aunque las lluvias se distribuyen irregularmente generalmente con dos periodos de lluvias al año.





Latitud y luz

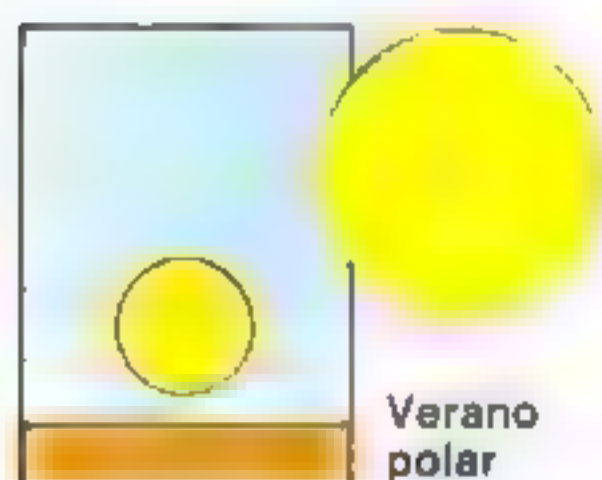
Si el eje de la Tierra no estuviera inclinado, todos los días tendrían la misma duración, 12 horas, sin importar la latitud o la época del año. La altura diaria del Sol en el cielo estaría únicamente determinada por la latitud. Sin embargo, debido a la inclinación, la altura del Sol a mediodía y el número de horas de luz varían del verano al invierno, siendo las diferencias mayores según nos aproximamos a los Polos. En el Ecuador el día tiene siempre la misma duración, y la altura del Sol varía a mediodía entre el cenit y $66^{\circ} 33'$ sobre el horizonte.



Los climas del mundo

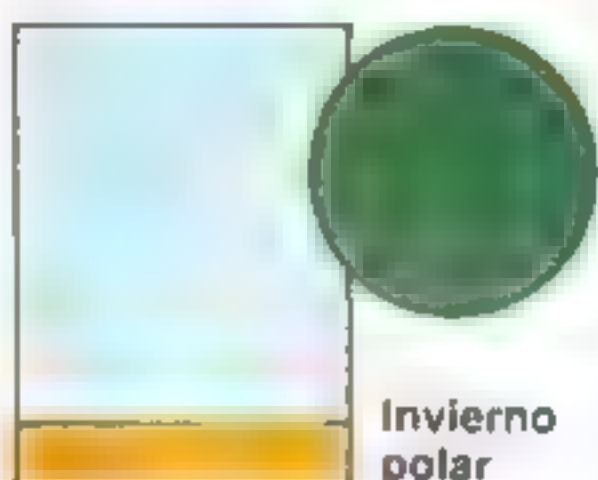
Los climas del mundo dictan, en líneas generales, sobre dos variables: la temperatura, con sus cambios de estación, y la cantidad y distribución de las precipitaciones en el año. La temperatura depende de la fuerza de los rayos del Sol y, consecuentemente, de la latitud, aunque la modifica la circulación general del aire. Esta distribuye la humedad sobre la superficie de la Tierra. Las zonas climáticas de la Tierra (mapa) están ligadas a la latitud, aunque, debido a los vientos y a la altura, los límites de las zonas no siguen exactamente los paralelos de la latitud.

- Climas tropicales
- Climas secos
- Climas templados
- Climas fríos
- Climas polares
- Climas de montaña



Verano polar

El Sol está siempre bajo, pero los días son largos, 24 horas en mitad del verano en el Círculo Polar Ártico, seis meses de luz en el Polo mismo.



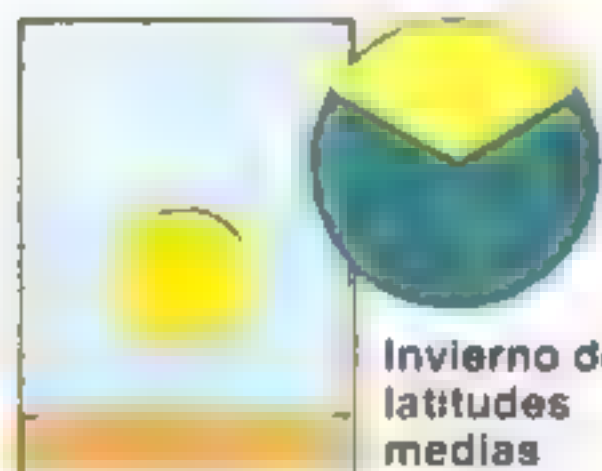
Invierno polar

En invierno, el Sol nunca se eleva por el horizonte más allá de los círculos polares y en los Polos hay seis meses de noche.



Verano de latitudes medias

El Sol está relativamente alto en el cielo a mediodía. Los días son más largos que las noches, siendo el más largo en el solsticio de verano.



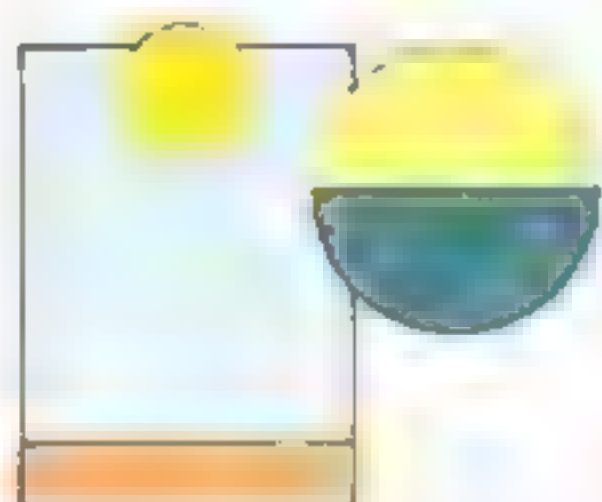
Invierno de latitudes medias

El Sol está bajo en el horizonte incluso a mediodía y la noche es bastante más larga que el día.



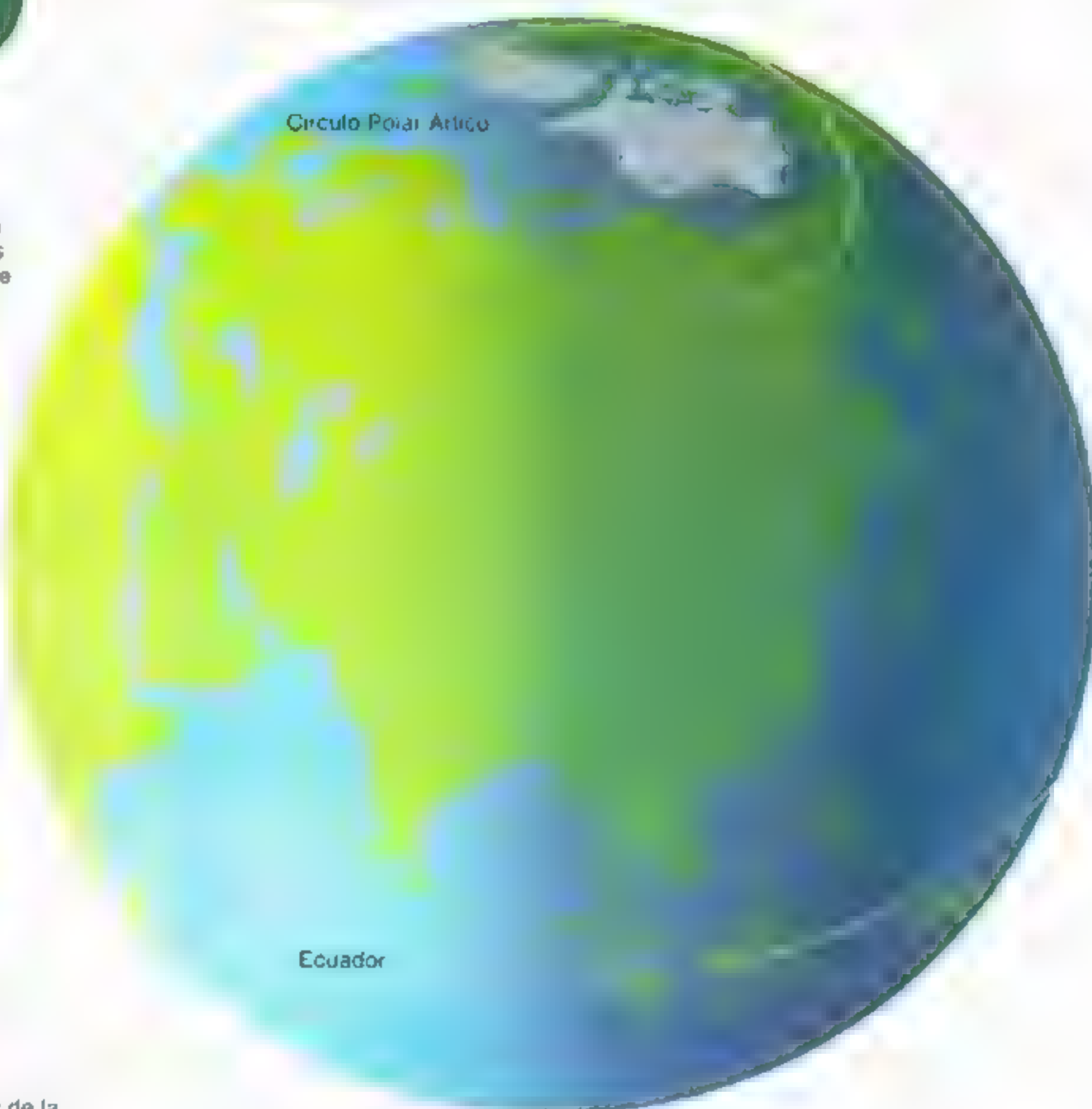
«Verano» e «Invierno» tropicales

El Sol está siempre a mediodía, a veces en el cenit. El día y la noche tienen la misma duración y anochece rápidamente.

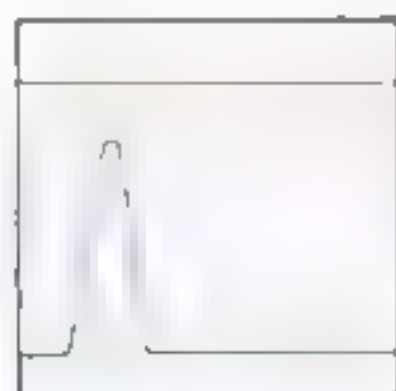


Las variaciones de la altura del Sol y de la duración del día no son suficientes para producir variaciones estacionales claras.

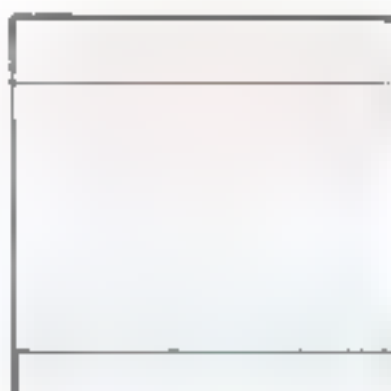
Invierno en el hemisferio norte



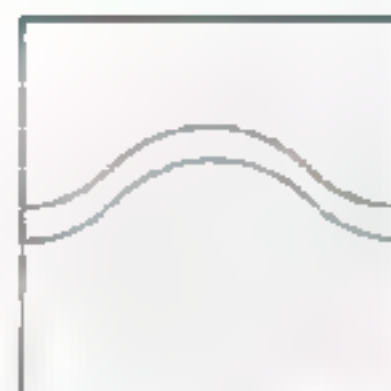
Estepa tropical de tierras bajas, un período de lluvia, a veces dos. Temperaturas altas y regulares producen un medio claramente seco. Evaporación excesiva.



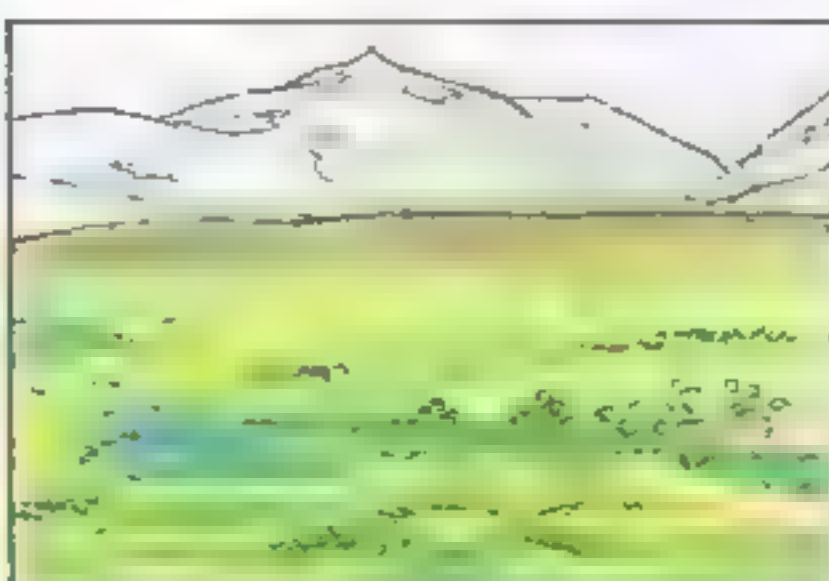
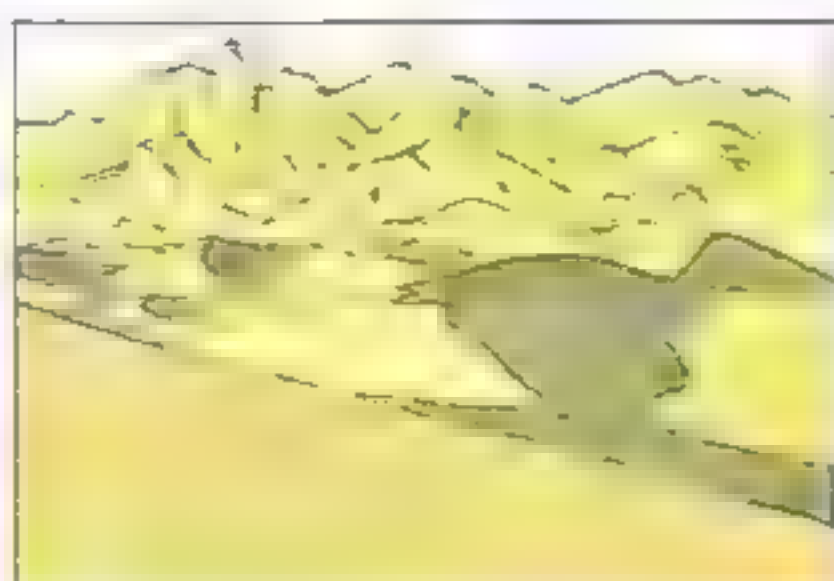
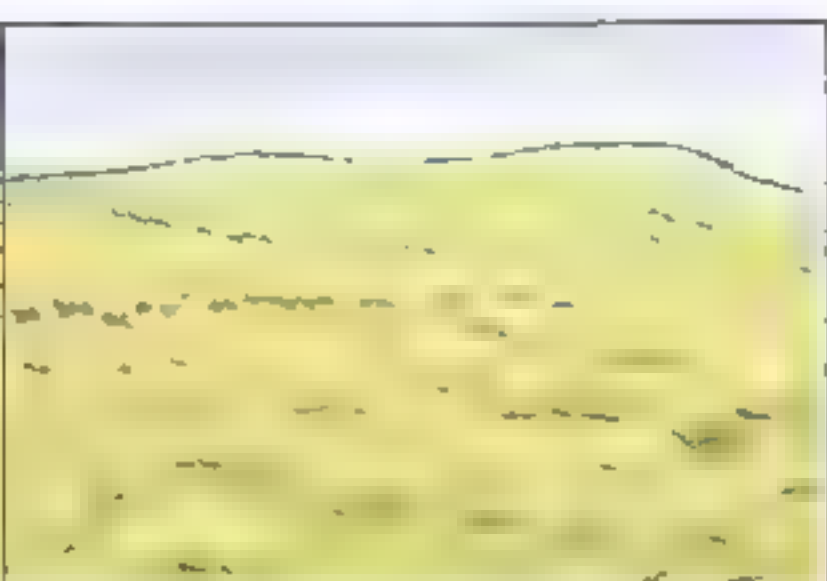
Desierto, sin lluvia. En medios desérticos extremos, el calor y la sequía producen una ausencia total de vegetación.



Climas de bosque de zonas templadas: humedad alta y regular, las temperaturas varían claramente entre el invierno y el verano.



Tundra continental: un medio seco y frío donde las temperaturas se elevan sobre los cero grados únicamente uno o dos meses en verano. Donde no es así, se produce un clima glacial extremo.



Señales en el cielo

Tradiciones populares meteorológicas



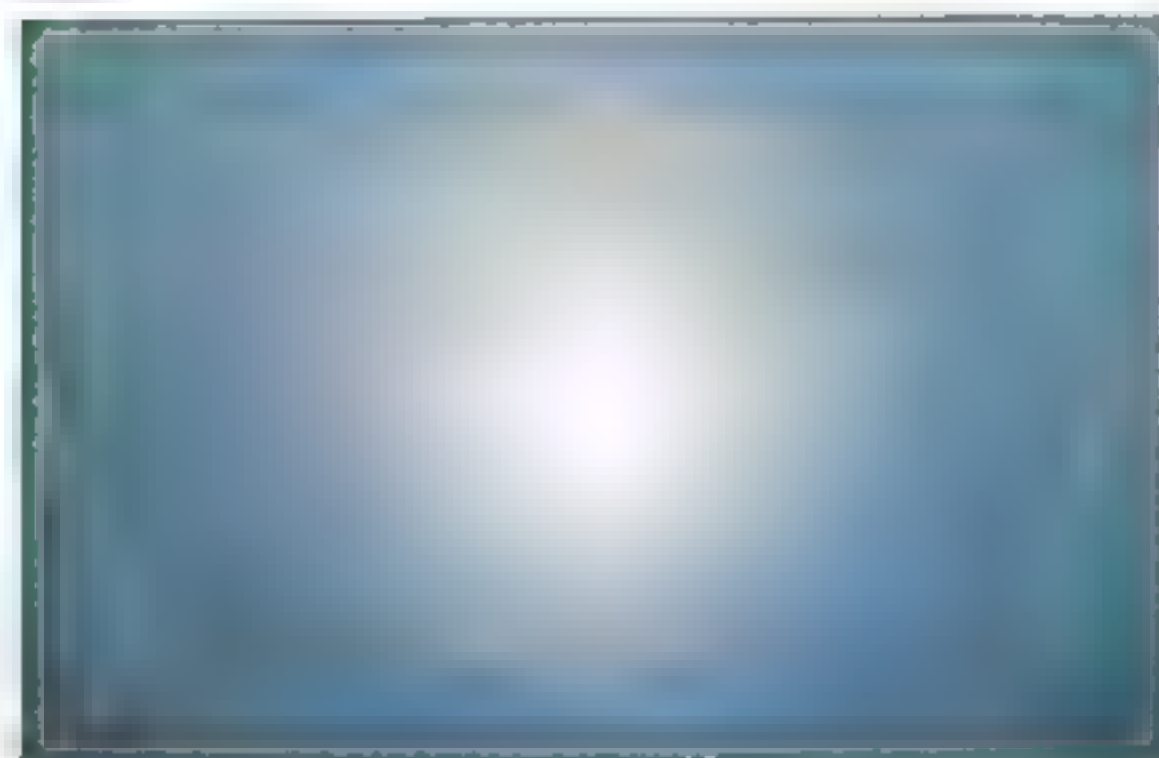
La meteorología del marino

Si tras el viento llueve, larga la ve a y duerme. En el pasado los marinos y los agricultores dependían siempre de su capacidad para predecir los cambios meteorológicos. Con el tiempo, su experiencia produjo una riqueza de saber popular expresado en refranes, proverbios. Gran parte de este conocimiento se ha perdido, aunque hasta el desarrollo de la meteorología moderna no se ha comprendido realmente la relación causal entre las señales del cielo y el tiempo meteorológico en las horas siguientes a su aparición (derecha: tres ejemplos).

Viejas señales — nueva ciencia



Los cirros se forman en el borde delantero de un frente cálido. A ras del suelo, el frente está todavía bastante ajado, aunque acabará produciendo un cambio en el tiempo, probablemente lluvia.



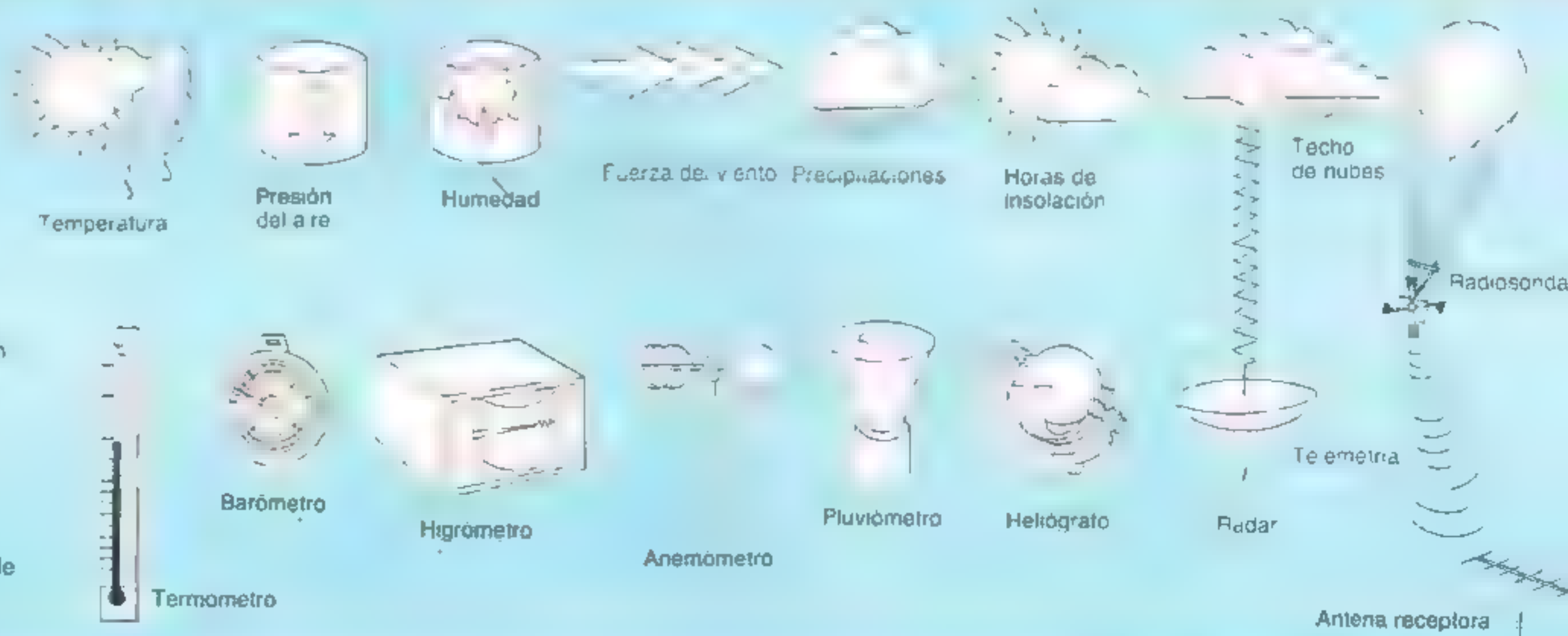
Los nimbos se producen cuando un frente obliga a una masa de aire a elevarse hasta una altura en la que se forman cristales de hielo. Es también una señal de cambio de tiempo: se acerca un frente cálido.



Tanto de arborescencia como de arco de luz se trata de fenómenos que indican la presencia de una gran cantidad de agua en la atmósfera. El primero se produce por la reflexión de la luz en las gotas, y el segundo, por la dispersión de la luz por las partículas de polvo y los cristales de hielo. Esta excesiva humedad en la atmósfera produce lluvias, vientos fuertes.

Las herramientas del meteorólogo

La temperatura, la presión, la humedad y el movimiento del aire, las precipitaciones y las nubes son variables meteorológicas importantes. Se miden con diferentes instrumentos que permiten su cuantificación (derecha). Durante los años de entreguerras, las observaciones hechas en tierra se complementaban con globos portadores de radiosondas, y desde la década de 1960 se complementan con los satélites meteorológicos.



La ciencia de la meteorología debe mucho al desarrollo de las comunicaciones telegráficas. Anteriormente, el meteorólogo sólo podía operar con lo que veía directamente. Toda otra información más allá de su campo de visión no tenía ninguna utilidad cuando le llegaba. Sin embargo, el telégrafo hizo que se pudieran reunir simultáneamente observaciones de una amplia zona, permitiendo a los científicos obtener un mapa sinóptico de las condiciones meteorológicas imperantes e iniciar el análisis de los fenómenos atmosféricos.

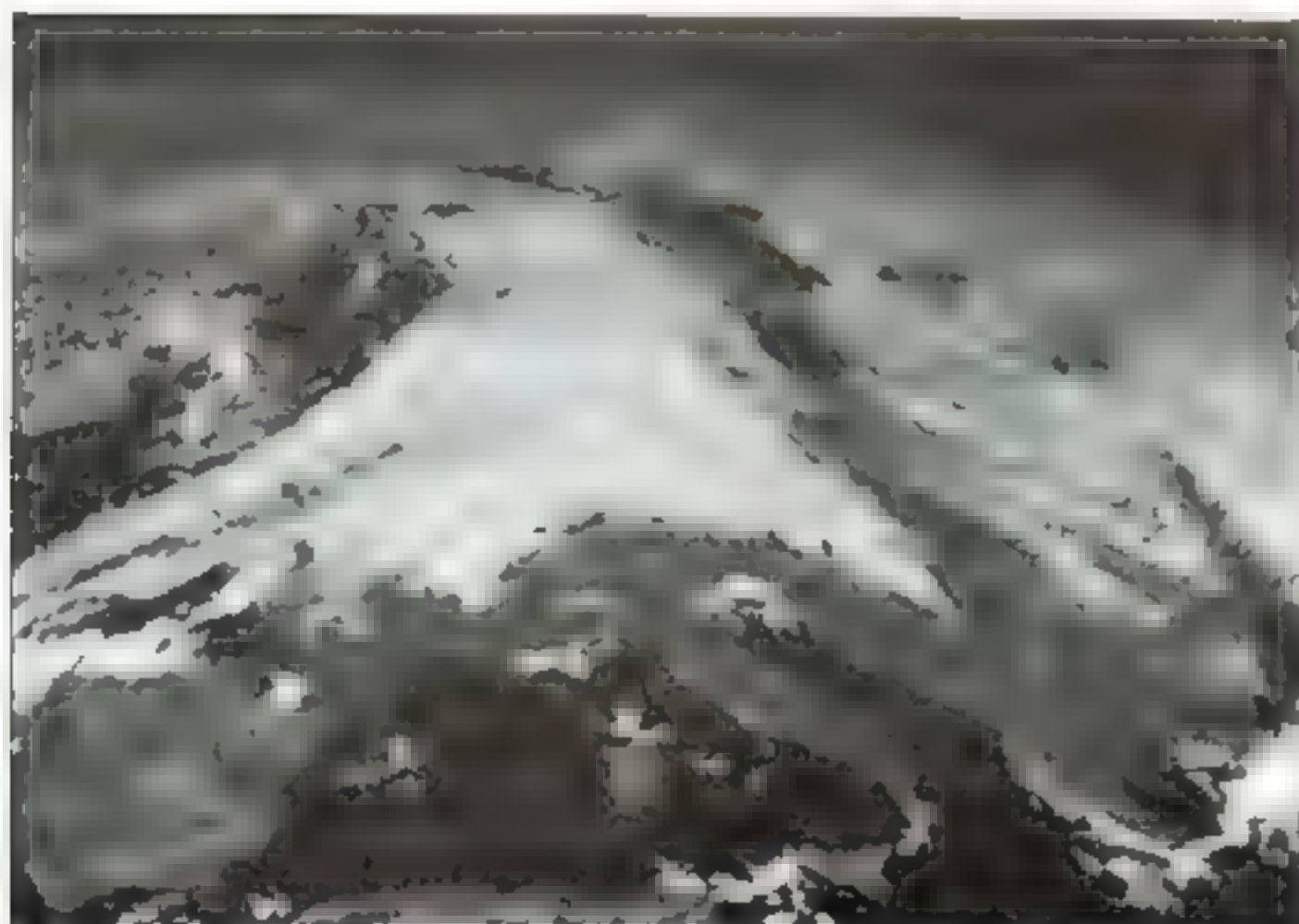
Esta capacidad de recogida y de procesamiento rápido de datos es fundamental para el trabajo del meteorólogo. Continuamente se están recibiendo informes sobre temperatura, presión del aire, viento, precipitaciones y nubes, procedentes de estaciones meteorológicas, instrumentos automáticos y satélites no tripulados.

Los meteorólogos podrían verse agobiados por este interminable flujo de información, pero los datos son necesarios. El registro de valores precisos les permite someter diferentes fenómenos a análisis matemático, convirtiendo la meteorología en una ciencia exacta. Desde principios de este siglo se conocen ecuaciones sencillas que permiten predecir el comportamiento de las masas de aire. Para realizar predicciones útiles, hay que dividir la atmósfera en gran número de «cubos de aire» relativamente pequeños, con lados de quizá sólo 2 km. Cuando se ha analizado cada uno de estos cubos individualmente, se ajustan los resultados teniendo en cuenta lo que ha acontecido en los espacios adyacentes. Este proceso se repite varias veces. Naturalmente, esto requiere una gran capacidad de cálculo. Antes de que existiera tal capacidad, el meteorólogo, inmerso en sus mapas sinópticos, tenía que predecir el rumbo del tiempo sobre la base de métodos empíricos y de su ex-

periencia personal. La validez de la predicción no era nunca superior a 24 horas y, además, era con frecuencia poco exacta.

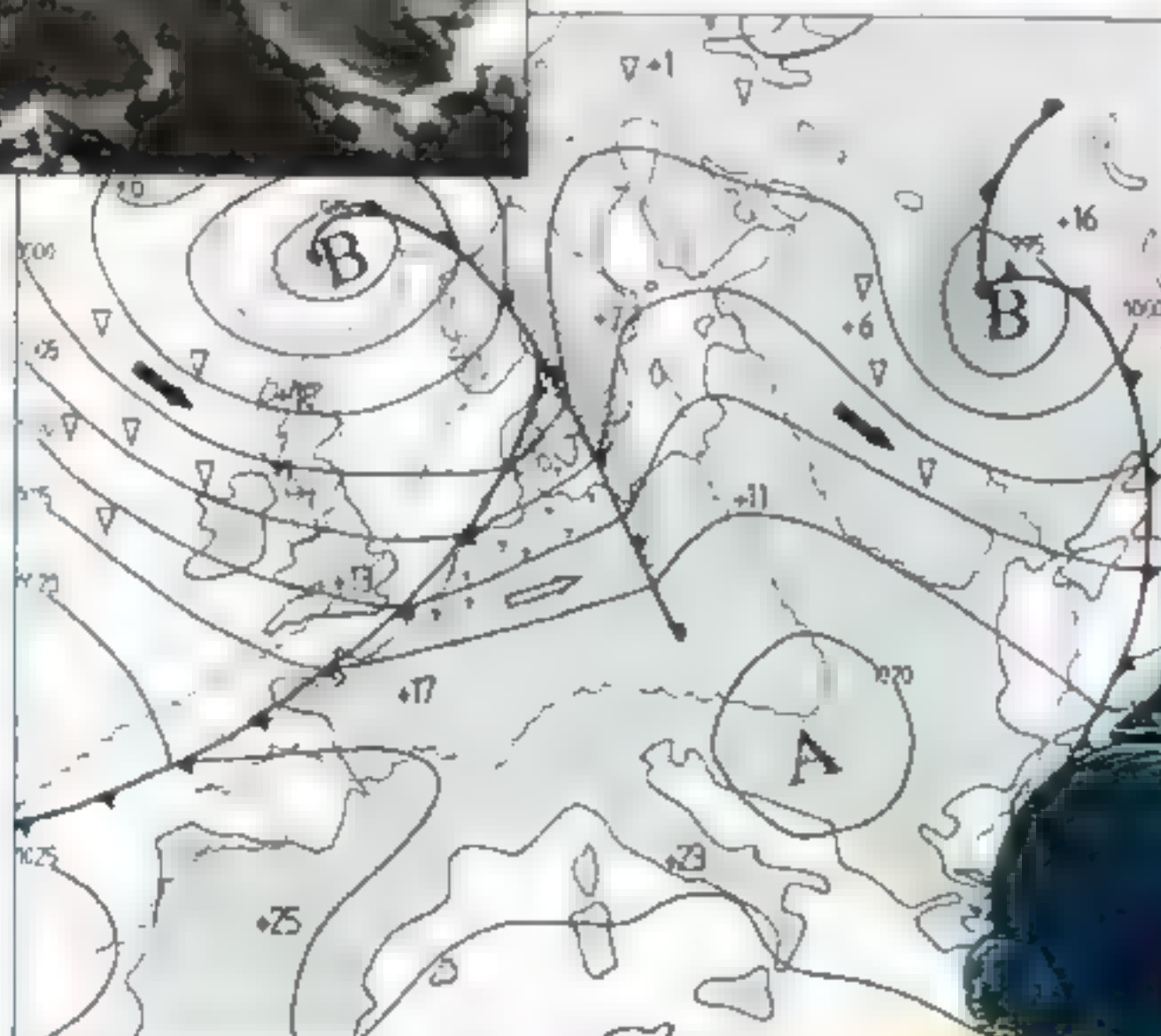
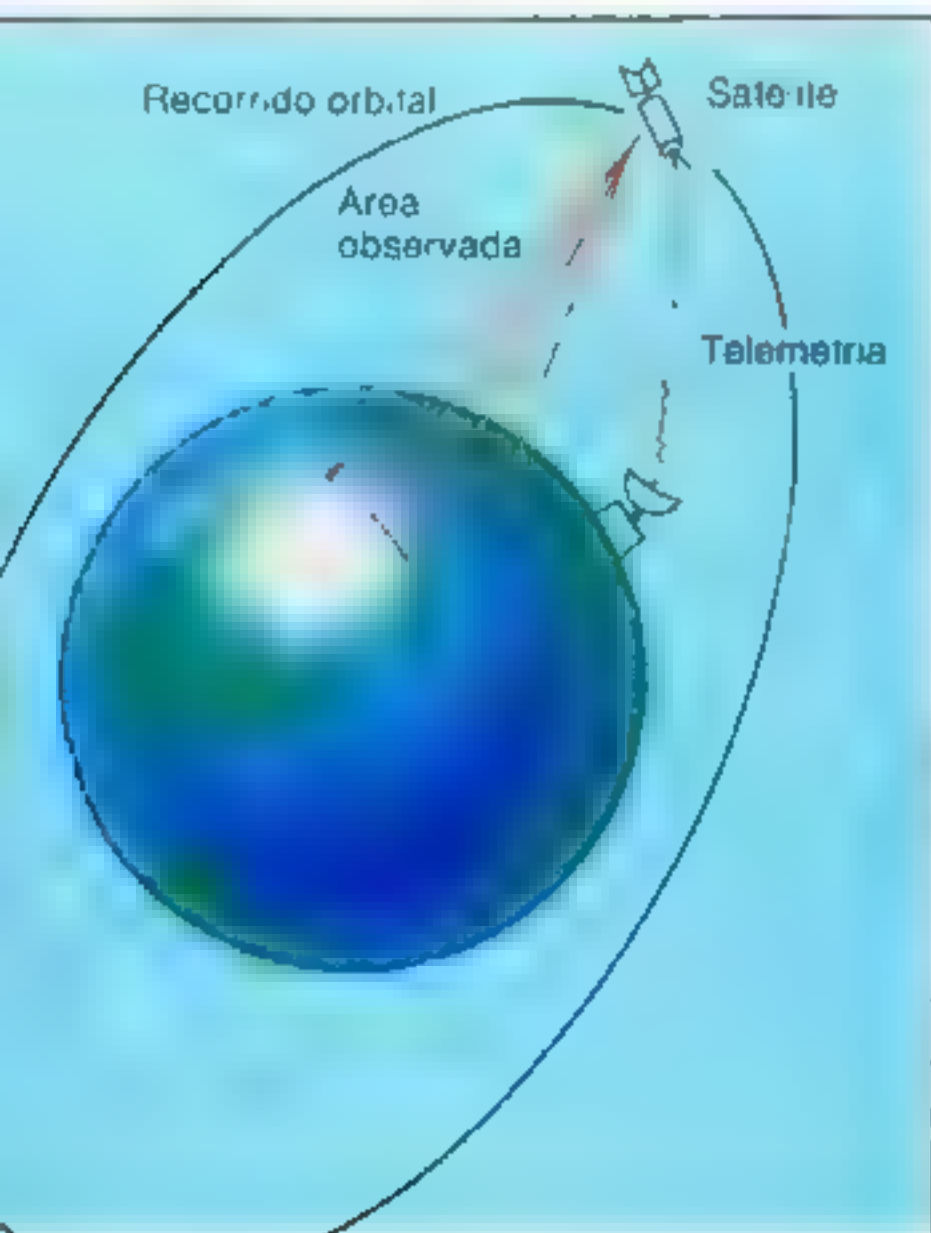
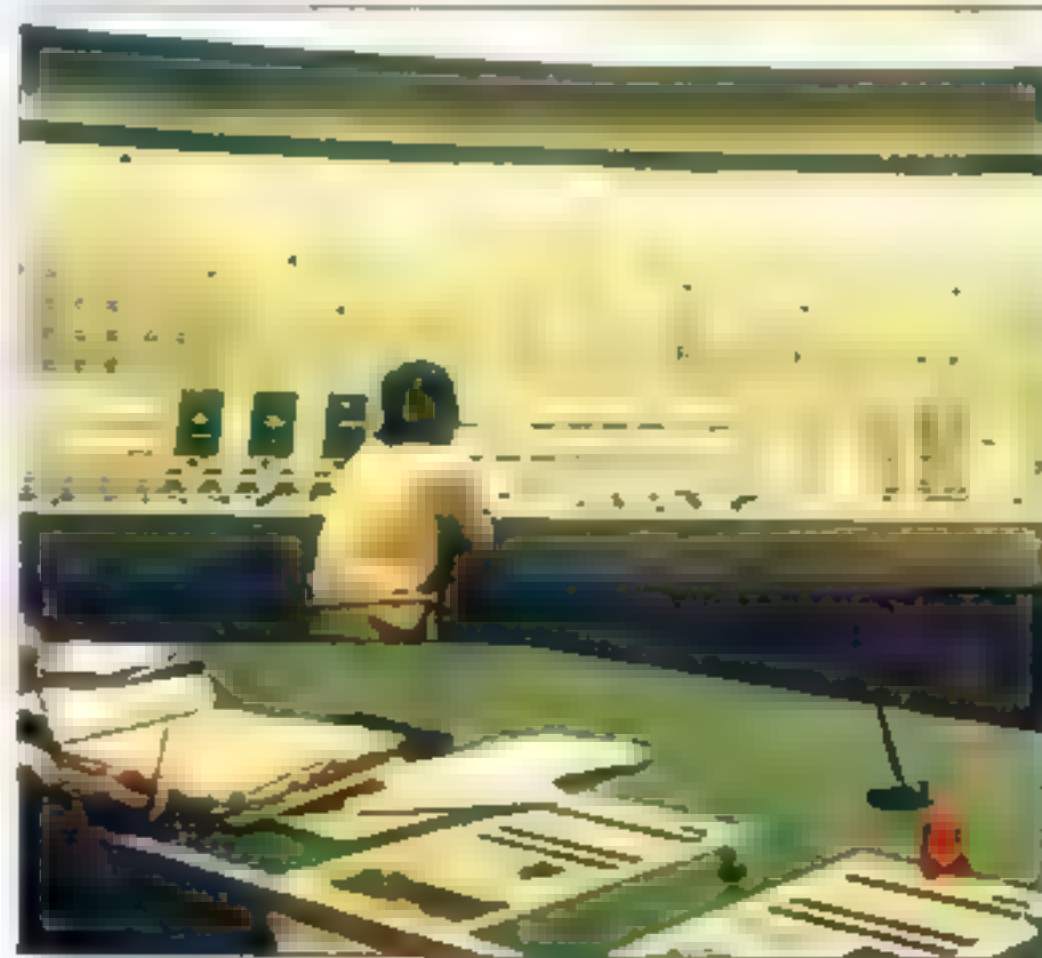
Ahora por primera vez los modernos ordenadores de alta velocidad les permiten a los meteorólogos solucionar estas complejas ecuaciones en un tiempo razonable. Las predicciones realizadas por el ordenador no son ya cualitativas, sino cuantitativas, y se expresan en grados, metros por segundo, milibares y milímetros de precipitación. Las predicciones son más fiables, y su período de validez ha aumentado en el curso de la década de 1970 de 24 horas a cinco días. También se realizan, de manera experimental, predicciones que abarcan períodos mucho más largos, semanas e incluso meses, y si bien todavía no son suficientemente precisas, es probable que lo sean en un futuro no lejano. Los nuevos superordenadores de mayor capacidad permitirán probablemente hacer predicciones de largo alcance antes de finales de los 80. Además, la cantidad de datos que reciben los meteorólogos para realizar sus predicciones es cada vez mayor. Los satélites modernos no sólo registran la situación de las nubes, sino también las temperaturas, tanto de la alta atmósfera como al nivel del suelo y del mar. Registran la capa de nieve y de hielo marino. Todos estos datos son muy importantes para las predicciones meteorológicas de largo alcance.

Muchas actividades de importancia económica dependen del tiempo, lo que convierte a la meteorología en una ciencia de gran valor práctico. La agricultura, la navegación y la aviación dependen en alto grado de la precisión de las predicciones, al igual que muchas otras actividades humanas. Así, a pesar de lo elevado de los costes, los gastos en satélites meteorológicos y superordenadores están plenamente justificados.

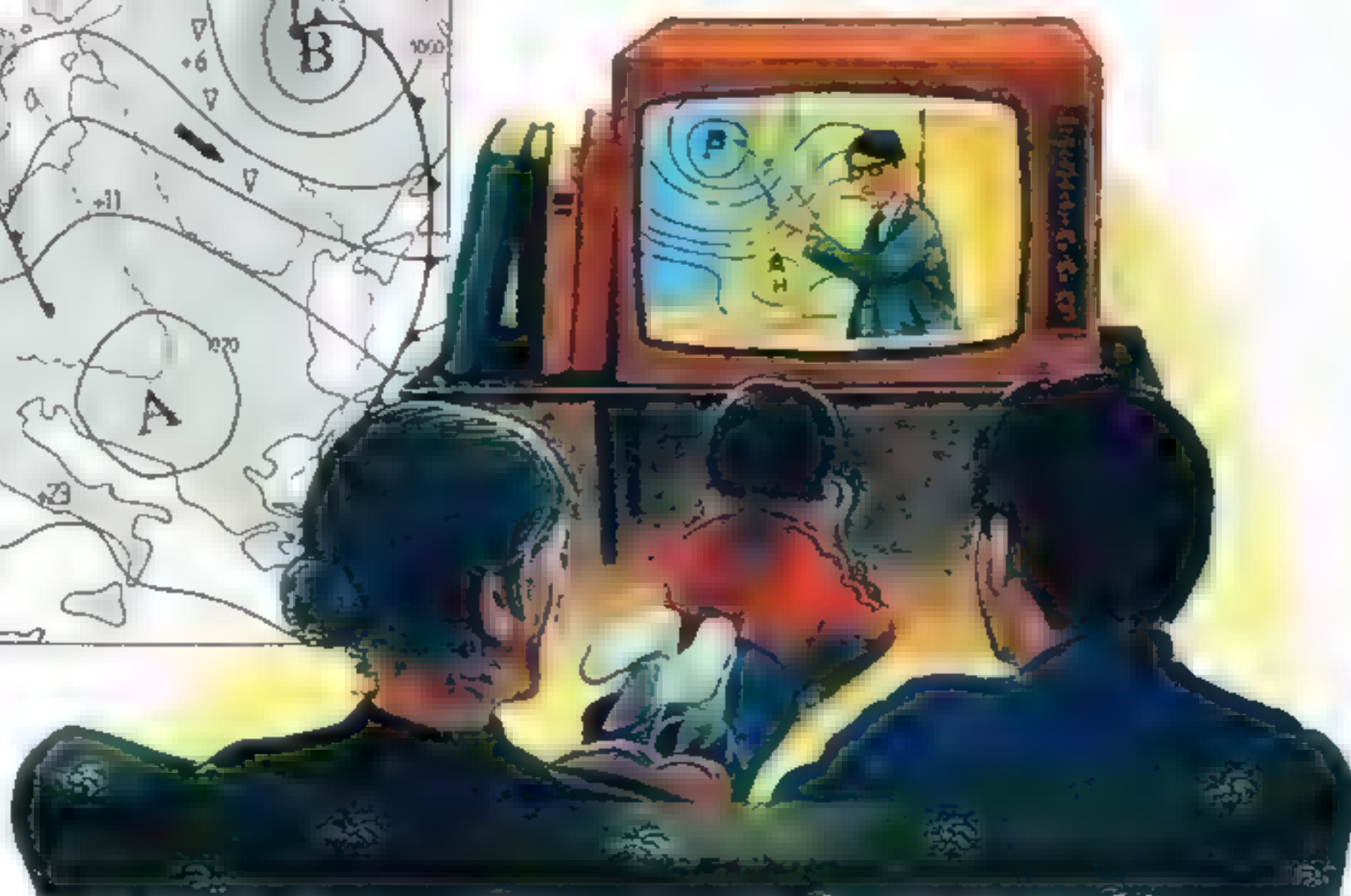


Cómo se hace una predicción meteorológica

Una depresión sobre el Mar del Norte se está desplazando hacia el este (foto aérea y mapa). Las observaciones de la tierra se combinan con imágenes de satélite y se visualiza la situación del tiempo en un mapa sinóptico que muestra las altas y bajas presiones, las isobaras, las precipitaciones, las nubes y los vientos. Sin embargo, la verdadera predicción se realiza introduciendo las observaciones en un «modelo numérico» de la atmósfera y luego procesándolas mediante un potente ordenador. Son estas predicciones del ordenador las que los hombres del tiempo le dan finamente al público.



Tanto la fotografía del satélite (arriba), como el mapa sinóptico muestran el tiempo a una misma hora del 10 de octubre de 1983. Además de las isobaras que indican la presión del aire en milibares, el mapa indica los chubascos (triángulos) y las lloviznas (comas).



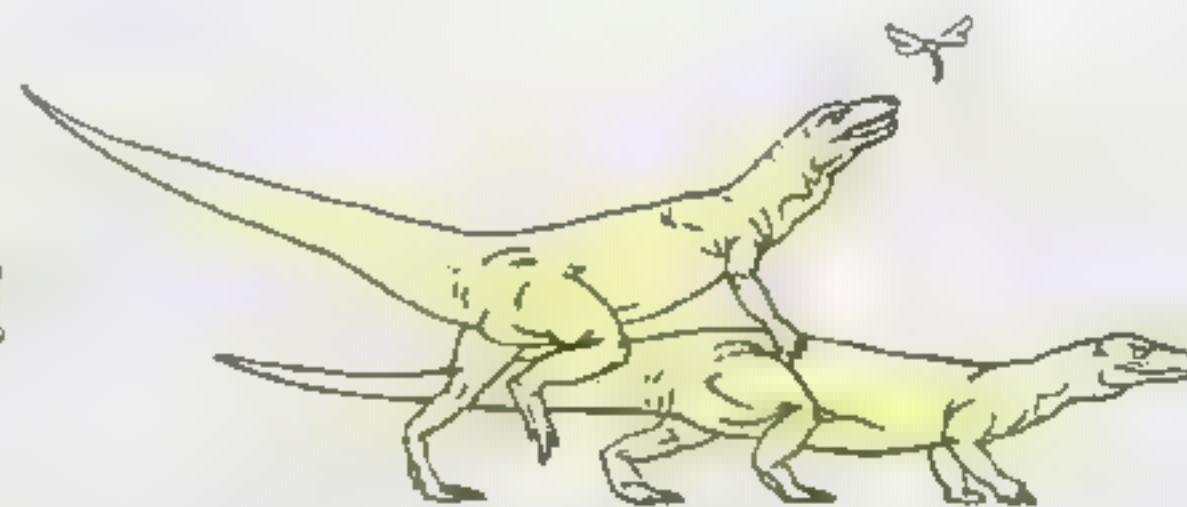
La vida en el aire

De reptil a ave

La evolución de reptiles reptadores a aves voladoras tuvo lugar hace entre 230 y 140 millones de años. Un desarrollo intermedio lo constituyó un grupo de pequeños dinosaurios.



Triásico inferior: un lagarto pequeño, bastante primitivo empieza a especializarse en la captura de insectos y otras presas aéreas.



Triásico medio: el reptil sigue siendo un reptil aunque ahora es más ágil y a veces se alza sobre las patas traseras.



Triásico superior-Jurásico inferior: los animales caminan ahora sobre las patas traseras. Empiezan a tomar forma de ave con huesos metatarsianos alargados, una adaptación para la carrera. No obstante para correr largas distancias se necesita un metabolismo de sangre caliente.



Los dedos y los huesos metacarpianos están reformados y varios han disminuido de tamaño o han desaparecido totalmente.

La vista se ha desarrollado mucho, mientras que el sentido del olfato es de poca importancia para la mayoría de las especies.

La superficie de las alas está formada por plumas remeras, plumas especiales, coberturas alargadas.

Otras plumas largas, coberturas forman superficies de control aerodinámico.

Adaptaciones biológicas al vuelo

Las aves, representadas aquí por un caracara, un hábitat con predominio de América Central y del Sur, revelan muchas peculiaridades exteriores e internas relativas a los requisitos específicos de la vida en el aire. La mayoría de los otros vertebrados voladores tienen adaptaciones idénticas o funcionalmente parecidas. Donde mejor se estudia esta "evolución convergente" es en las alas de las aves, de los pterosaurios y de los murciélagos, todas ellas desarrolladas a partir de una estructura esquelética muy parecida al brazo humano.

El plumaje se ha convertido en una capa aerodinámica que envuelve el cuerpo.

Los músculos pectorales se han convertido en potentes músculos motores de las alas, unidos al esternón ensanchado por la línea media del cuerpo.

Muchos de los huesos principales están huecos con la finalidad de reducir peso.

Las vértebras y la pelvis se han fusionado formando una rígida estructura de fuselaje.

La capacidad de volar constituye una de las adaptaciones biológicas más curiosas. Es también muy difícil de conseguir. Entre otras cosas exige una reestructuración del cuerpo que, una vez realizada, es irreversible. Pero en la lucha por la supervivencia, volar resulta tan ventajoso que tal adaptación se ha dado no una, sino cuatro veces en la historia de la evolución: entre los insectos, los pterosaurios, las aves y los mamíferos.

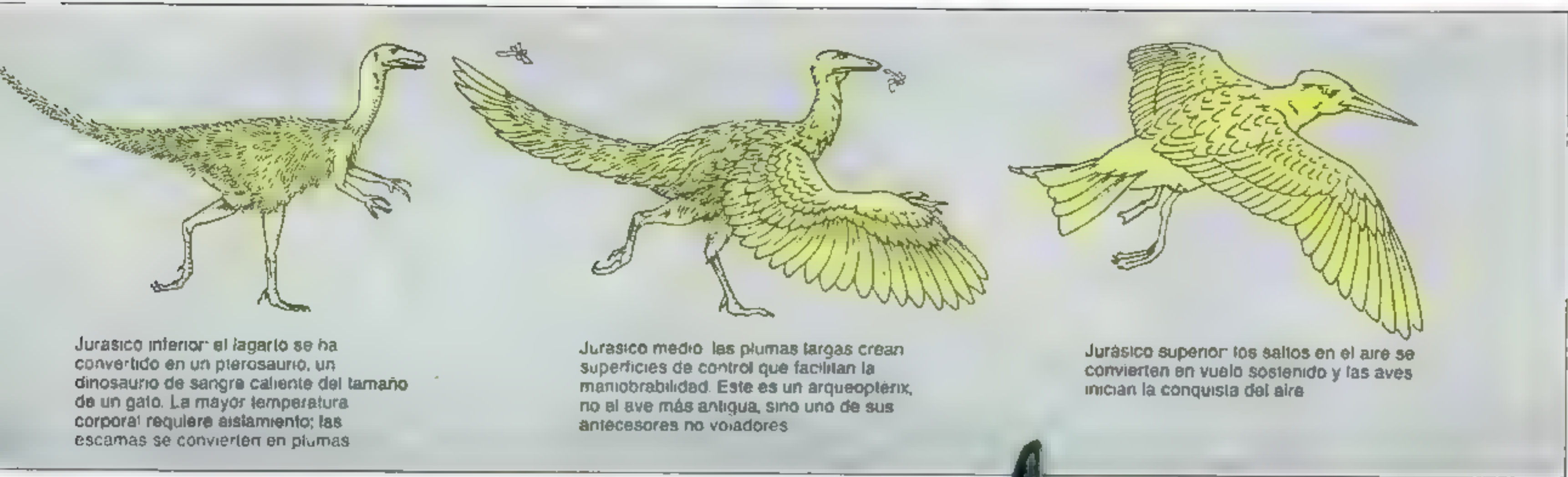
Los insectos son un caso especial. El enorme éxito de los insectos voladores se atribuye a su pequeño tamaño. El peso de un animal varía según el volumen, aunque la capacidad muscular depende de la zona de sección del músculo. Si a un animal se le reduce a la mitad de su tamaño, su peso disminuye una cuarta parte. Así, de un solo golpe la relación potencia-peso es doblemente favorable. Además, en pequeñas cantidades el aire se comporta más como un líquido que como un gas ligero. Los insectos pueden, pues, generar impulso de elevación por procesos totalmente diferentes a los de las aves.

Los insectos empezaron a volar durante el período Carbonífero, hace aproximadamente 300 millones de años. Los pterosaurios evolucionaron en el Triásico, hace unos 200 millones de años. No se trataba realmente de «reptiles voladores». Los reptiles no

pueden volar, ningún animal de sangre fría puede realizar un esfuerzo muscular prolongado. La estructura interior de los huesos revela que los pterosaurios tenían la sangre caliente como las aves y los mamíferos, y ahora sabemos por restos fósiles que al menos las especies más pequeñas desarrollaron una capa de pelo aislante. Algunos pterosaurios no eran mayores que golondrinas, mientras que otros tenían una envergadura de más de diez metros.

Las aves aparecieron por primera vez durante el período Jurásico, hace unos 150 millones de años. Heredaron la sangre caliente y el plumaje aislante de sus antepasados, los pequeños dinosaurios predadores. Las aves desplazaron a los pterosaurios, probablemente por ser más resistentes. Un ave que pierde parte de sus alas puede desenvolverse hasta que le crecen otras nuevas, pero aquellas increíbles velas vivientes, los pterosaurios, estaban perdidos si se les rompían las membranas de las alas. En el suelo, estaban indefensos.

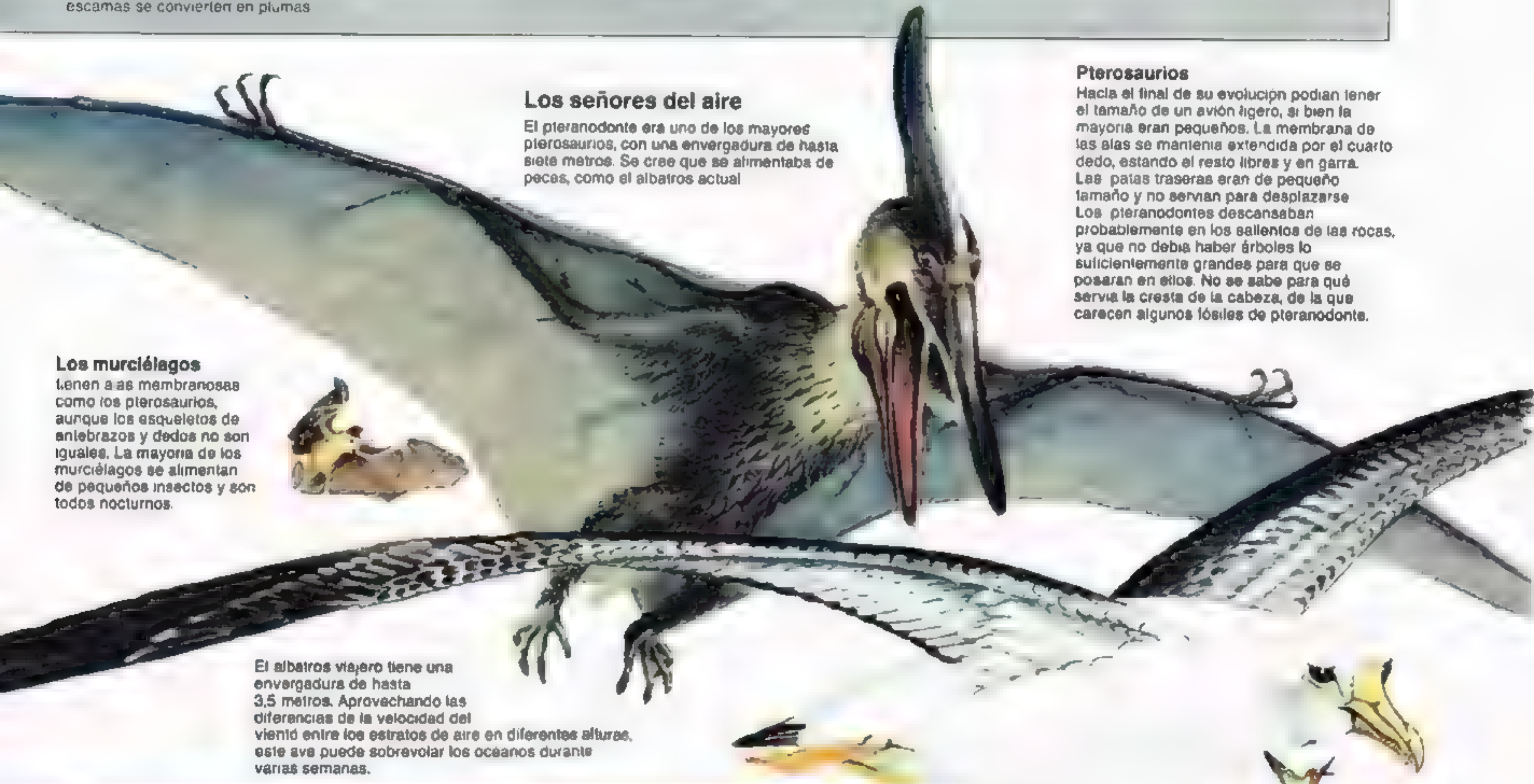
Hoy las aves dominan el aire de tal manera que los murciélagos, los únicos mamíferos voladores, se ven obligados a llevar una vida principalmente nocturna. Naturalmente, el hombre también vuela, aunque su tecnología de vuelo es mecánica, no biológica.



Jurásico inferior: el lagarto se ha convertido en un pterosaurio, un dinosaurio de sangre caliente del tamaño de un gato. La mayor temperatura corporal requiere aislamiento; las escamas se convierten en plumas

Jurásico medio: las plumas largas crean superficies de control que facilitan la maniobrabilidad. Este es un arqueoptérix, no el ave más antigua, sino uno de sus antecesores no voladores

Jurásico superior: los saltos en el aire se convierten en vuelo sostenido y las aves inician la conquista del aire



Los señores del aire

El pteranodonte era uno de los mayores pterosaurios, con una envergadura de hasta siete metros. Se cree que se alimentaba de peces, como el albatros actual

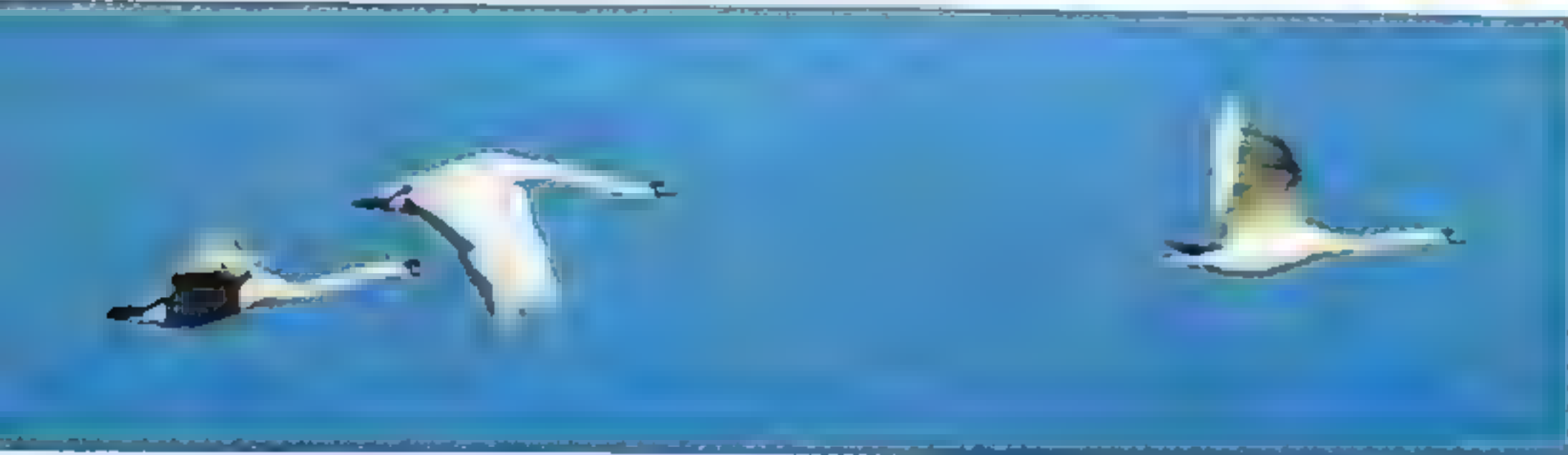
Pterosaurios

Hacia el final de su evolución podían tener el tamaño de un avión ligero, si bien la mayoría eran pequeños. La membrana de las alas se mantenía extendida por el cuarto dedo, estando el resto libres y en garra. Las patas traseras eran de pequeño tamaño y no servían para desplazarse. Los pteranodontes descansaban probablemente en los salientes de las rocas, ya que no debía haber árboles lo suficientemente grandes para que se posaran en ellos. No se sabe para qué servía la cresta de la cabeza, de la que carecen algunos fósiles de pteranodonte.

Los murciélagos

tienen alas membranosas como los pterosaurios, aunque los esqueletos de antebrazos y dedos no son iguales. La mayoría de los murciélagos se alimentan de pequeños insectos y son todos nocturnos.

El albatros viajero tiene una envergadura de hasta 3,5 metros. Aprovechando las diferencias de la velocidad del viento entre los estratos de aire en diferentes alturas, este ave puede sobrevolar los océanos durante varias semanas.



Colibrí

Las aves varían de tamaño

desde el del albatros y el cóndor al de ciertos colibríes no mayores que muchos insectos voladores. En términos generales, las aves han ocupado todos los nichos ecológicos de los grandes animales voladores diurnos, y también la mayoría de los de los voladores nocturnos. El vuelo de un ave grande tiene dos fases (fotografía): el batir de alas que lo hace avanzar hacia adelante y hacia arriba y el planeo, cuando deja de «remar». Las especies pequeñas no tienen que economizar sus energías tanto como las aves grandes.

La técnica de vuelo de los insectos

es difícil de estudiar debido al elevado ritmo del movimiento de las alas y sólo con la aparición de las cámaras de alta velocidad en años recientes se ha podido obtener información. Los dibujos de abajo se basan en una serie de fotografías de este tipo. El insecto (aquí una especie de avispa) tiene un batir rotatorio solo superficialmente similar al de las aves. El proceso aerodinámico es en este caso muy diferente



El hombre remonta el vuelo

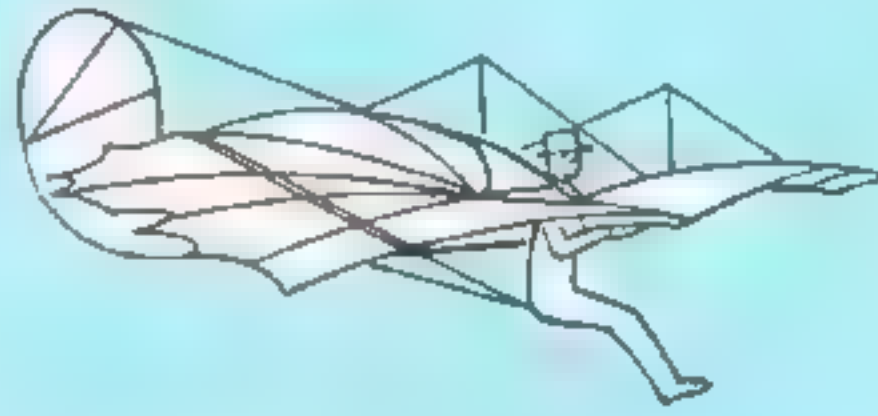
Un sueño hecho realidad



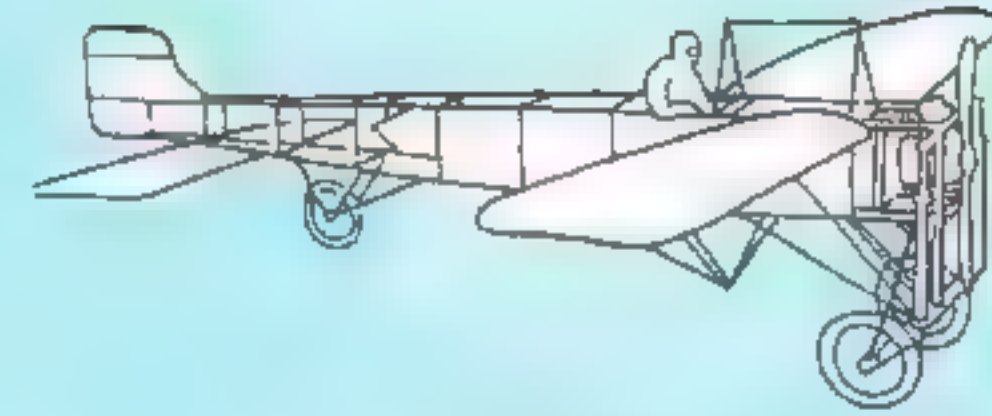
Dédalo voló con unas alas de plumas pegadas con cera. Su atrevido hijo, Icaro, se aproximó demasiado al Sol. La cera se dermolió, se le cayeron las alas y el joven perdió la vida en la caída.



El primer «Montgolfiere» hizo su ascensión en 1783. El globo fue el gran milagro técnico de finales del siglo XVIII.



Otto Lilienthal comprendió la importancia del control e intentó resolver este problema en sus planeadores durante la década de 1890.



Los hermanos Wright inventaron el alerón, convirtiendo su avión en una máquina plenamente controlable. En 1903, un motor de gasolina de fabricación propia impulsó su primer vuelo.

Desde que ha podido contemplar a las aves girando sobre su cabeza, el hombre ha ansiado verse liberado de su esclavitud a la fuerza de la gravedad. En mitos y leyendas, los seres humanos no tenían problemas para volar. Los griegos describieron cómo Dédalo e Icaro se lanzaron al aire para escapar del rey Minos de Creta, y también Völund, el diestro herrero de las sagas germánicas, había dominado el arte de volar. Sin embargo, en la realidad, el hombre no ha visto cumplido su sueño hasta el presente siglo.

En la época de Leonardo da Vinci hubiera sido posible construir un ala delta funcional del tipo de las que se usan actualmente, pero nadie lo hizo. La aparente simplicidad del ala delta es en realidad engañosa. Se debían superar tres problemas para volar correctamente: fuerza ascensional, fuerza motriz y dirección.

El primero se resolvió en cierta forma en 1783 cuando los hermanos Montgolfier elevaron su primer globo de aire caliente sobre París, al que le siguió poco después un globo de hidrógeno. El globo se empleó ampliamente en el siglo XIX como aparato de investigación, como plataforma estacionaria de observación y para el deporte. No obstante, no fue jamás una verdadera máquina voladora, ya que los vientos la llevaban hacia donde soplaran. Incluso contando con un motor, resultaba demasiado frágil para hacer frente a los vientos tormentosos, por no mencionar el peligro de incendio.

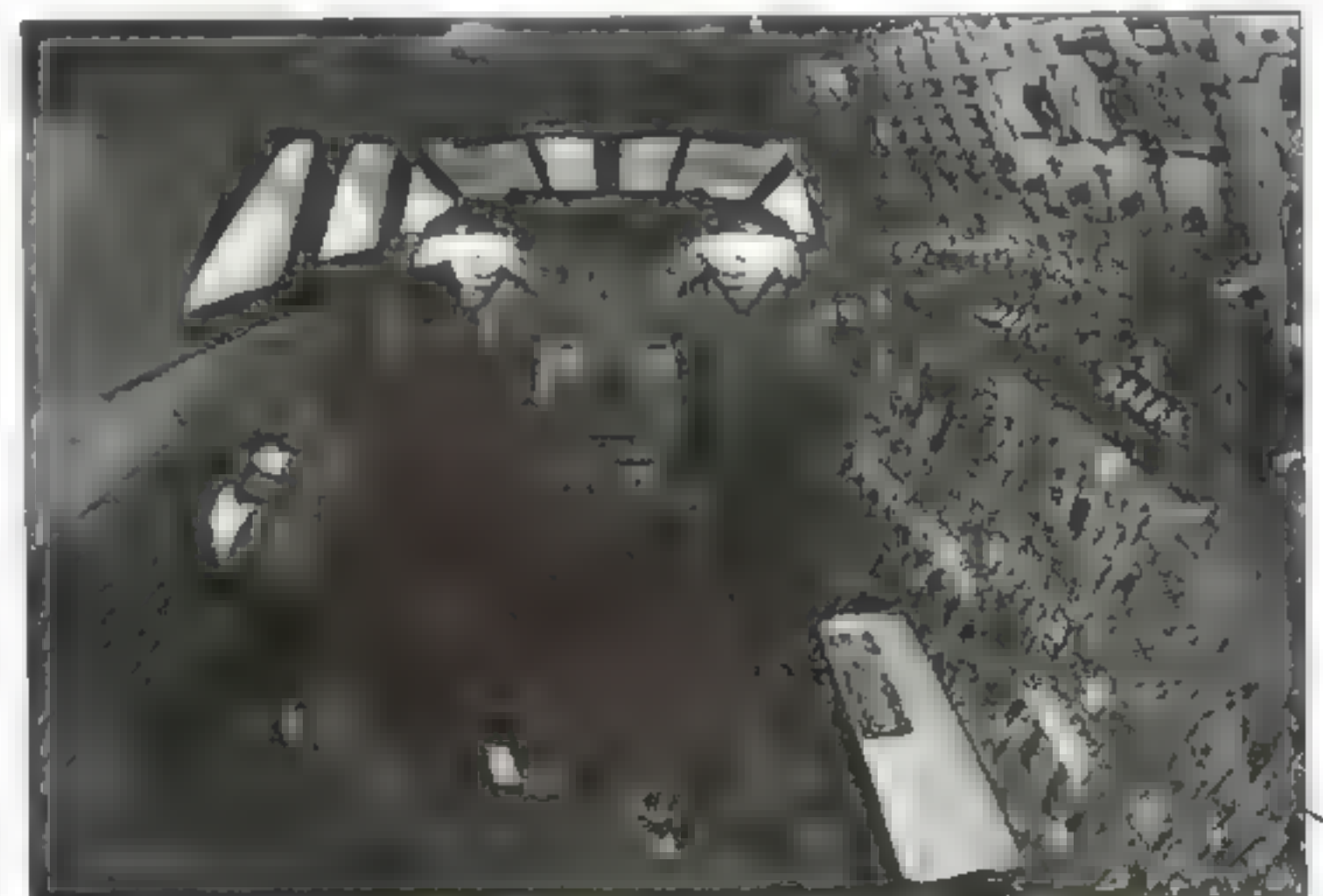
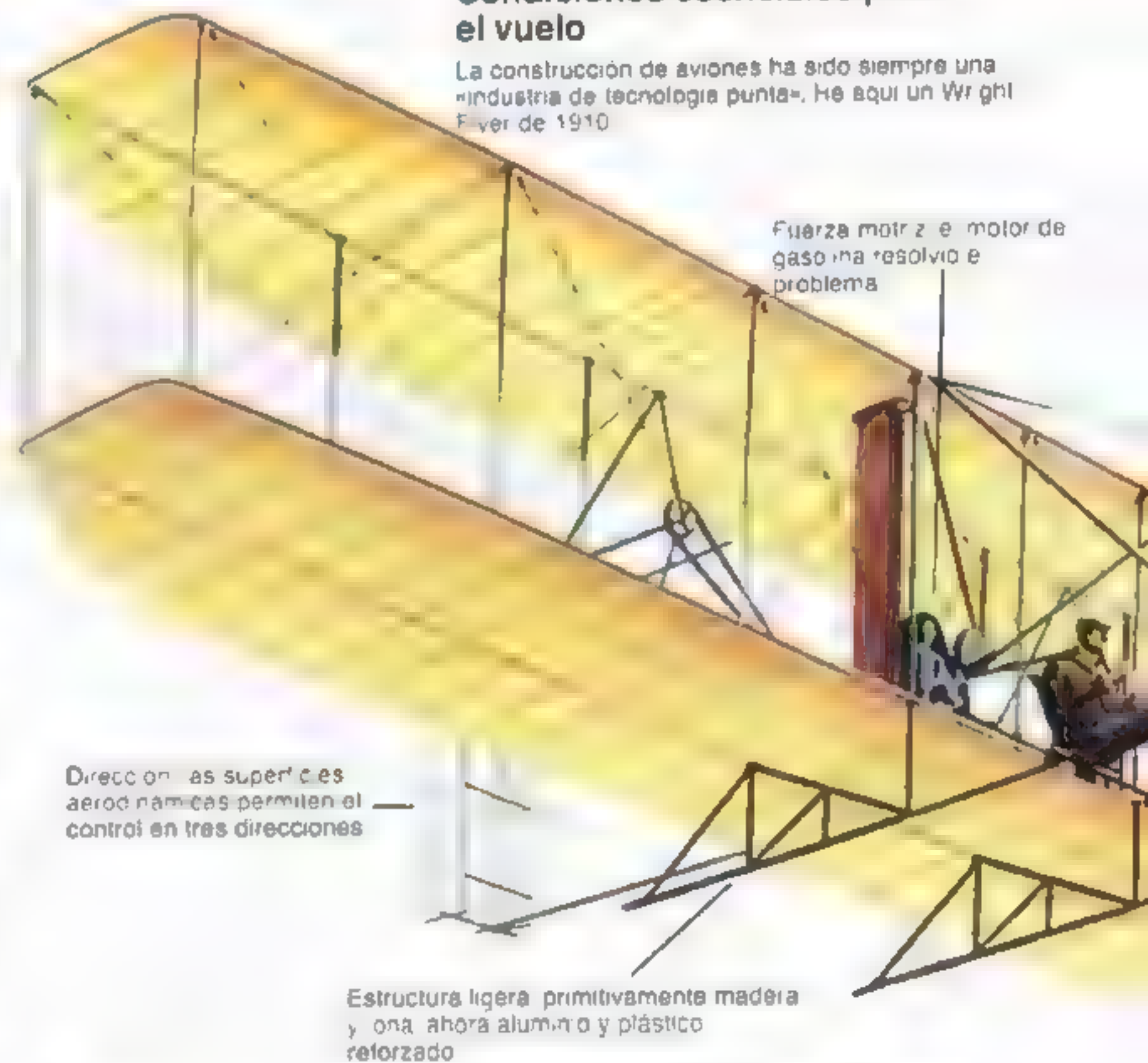
Pronto se comprendió que la fuerza ascensional aerodinámica podía conseguirse mediante perfiles de alas curvadas. El principio es bastante simple. El aire corre con mayor rapidez sobre la superficie superior del ala, curvada y más larga, que sobre la superficie inferior, recta y más corta, y esta diferencia de presión produce un impulso de elevación. Esto requiere que el avión se mueva hacia adelante en el aire. Hasta finales del siglo pasado no se pudo construir un motor lo suficientemente ligero y potente para impulsar un avión. Se hicieron muchos intentos valerosos para iniciar el vuelo, pero los cortos saltos acababan invariablemente en una caída. No bastaba con lanzar una máquina voladora al aire; una vez allí había que dirigirla.

El pionero alemán Lilienthal se dio cuenta de ello. Sin embargo, no pudo controlar su planeador y se mató en 1896. Los hermanos Wright realizaron extensos experimentos con planeadores antes de hacer su primer vuelo propulsado en 1903. Era el nacimiento de la aviación.

Desde entonces, la técnica de la aviación se ha desarrollado muy rápidamente. Los aviones contruidos con metales ligeros, radios, motores a reacción y nuevos métodos de navegación han aumentado la seguridad, velocidad, alcance y capacidad de transporte. El paso decisivo hacia adelante lo dieron hombres como Otto Lilienthal y Orville y Wilbur Wright, que fueron los primeros en darse cuenta de los tres problemas, fuerza ascensional, poder motriz y control, y que prepararon el camino para superar estos obstáculos.

Condiciones esenciales para el vuelo

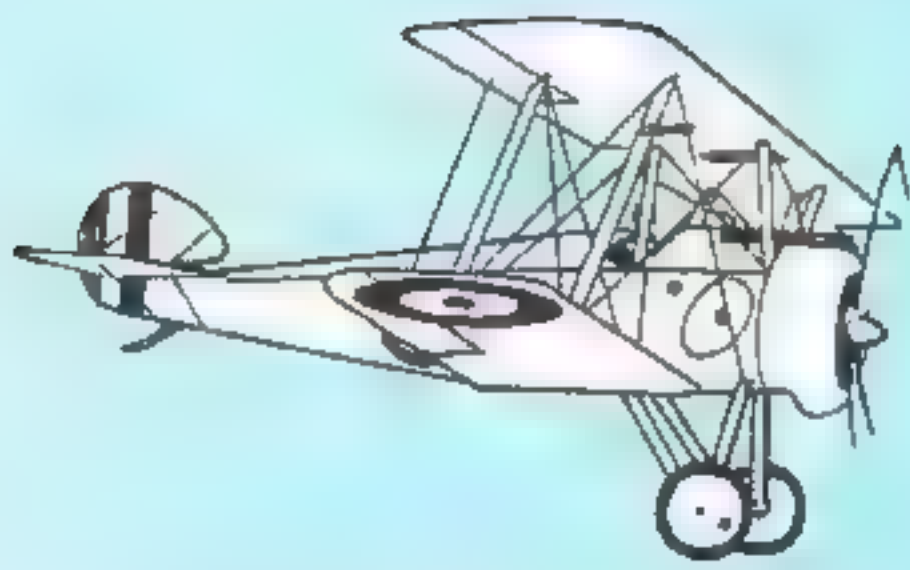
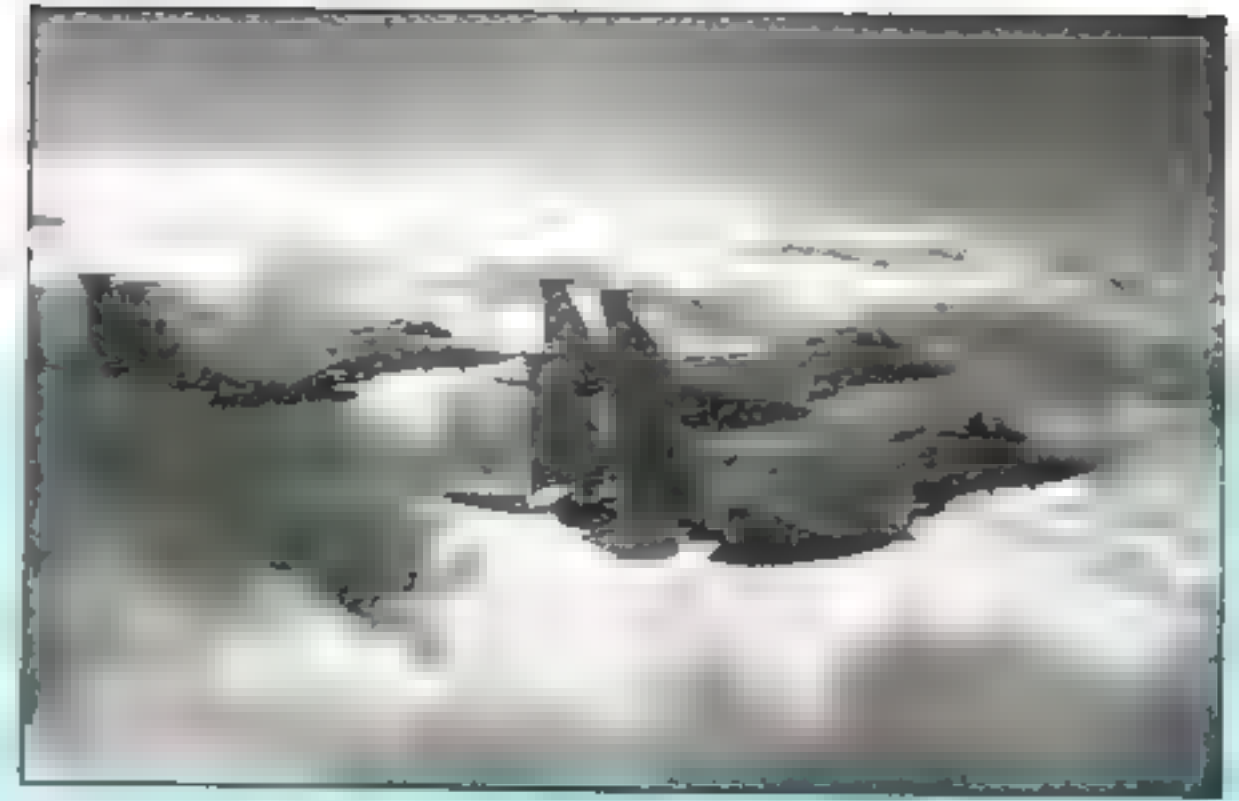
La construcción de aviones ha sido siempre una «industria de tecnología punta». He aquí un Wright Flyer de 1910.



Alta tecnología aérea

Para el no iniciado la cabina de Concorde constituye un conjunto enloquecedor de agujas y botones. Pero en los días de los motores de pistón había que llevar el control de un número de instrumentos e indicadores aún mayor. El motor a reacción ha permitido una considerable simplificación técnica, al tiempo que los equipos de comunicación y navegación desempeñan una parte más destacada que durante la era de la hélice.

El US F-15 es un ejemplo típico de los modernos aviones de combate



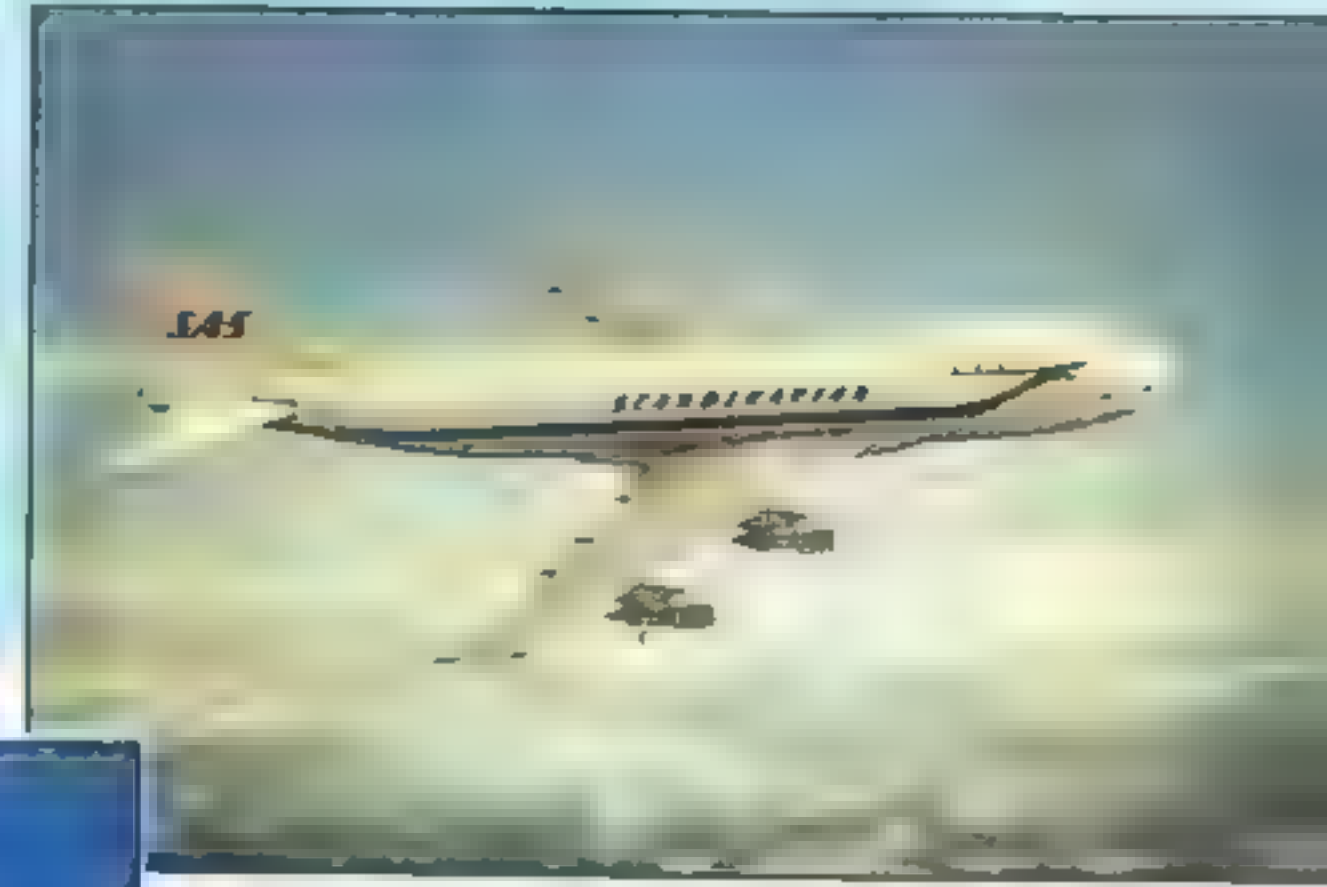
El Sopwith «Camel» fue un famoso caza de la Primera Guerra Mundial. Durante los años 1914-1918 la aviación pasó de ser un desafío a convertirse en un procedimiento rutinario.



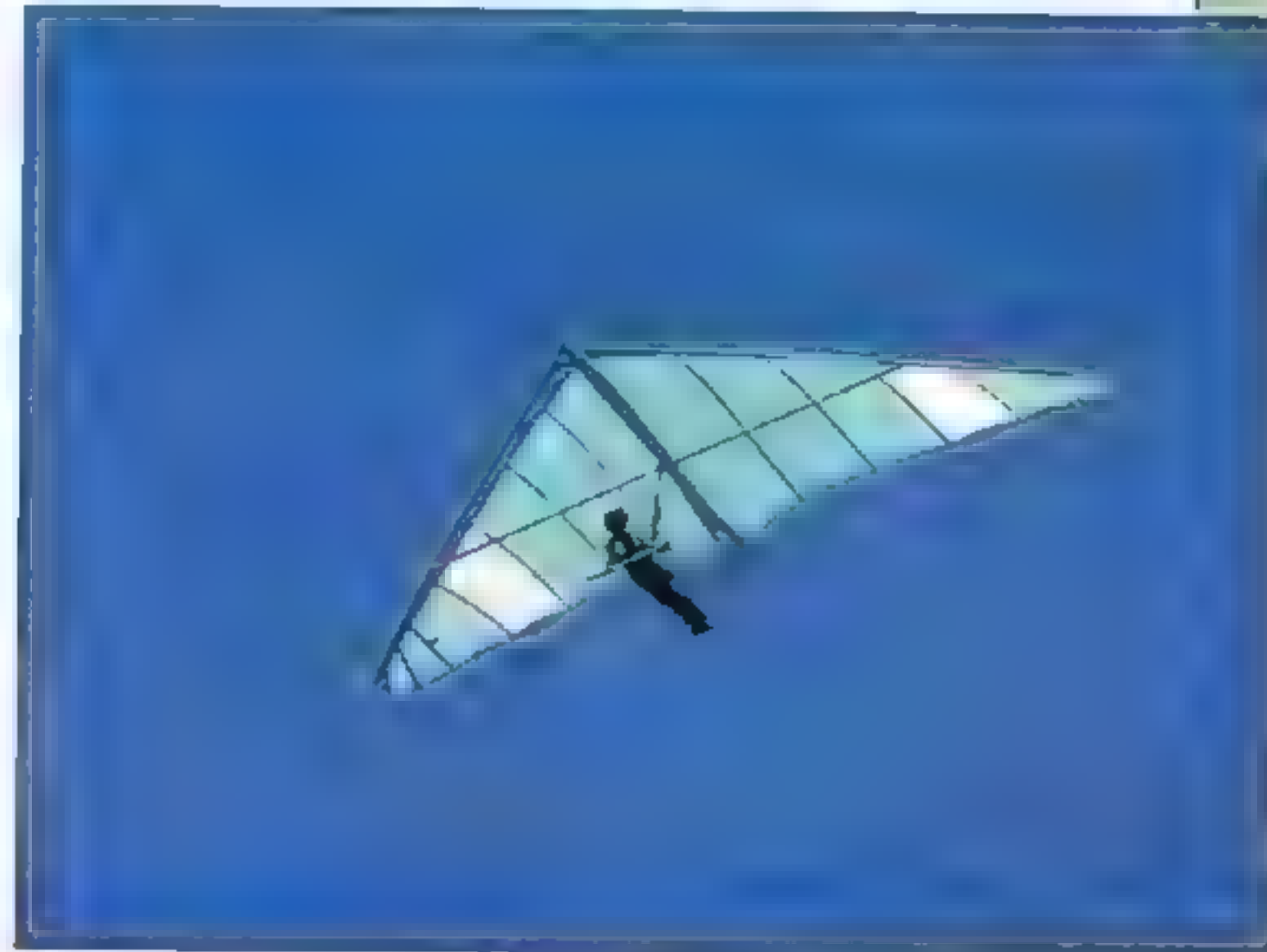
El «Spitfire», el más famoso caza de la Segunda Guerra Mundial



El Douglas DC-3, el clásico avión de transporte militar y civil de las décadas de 1940 y 1950

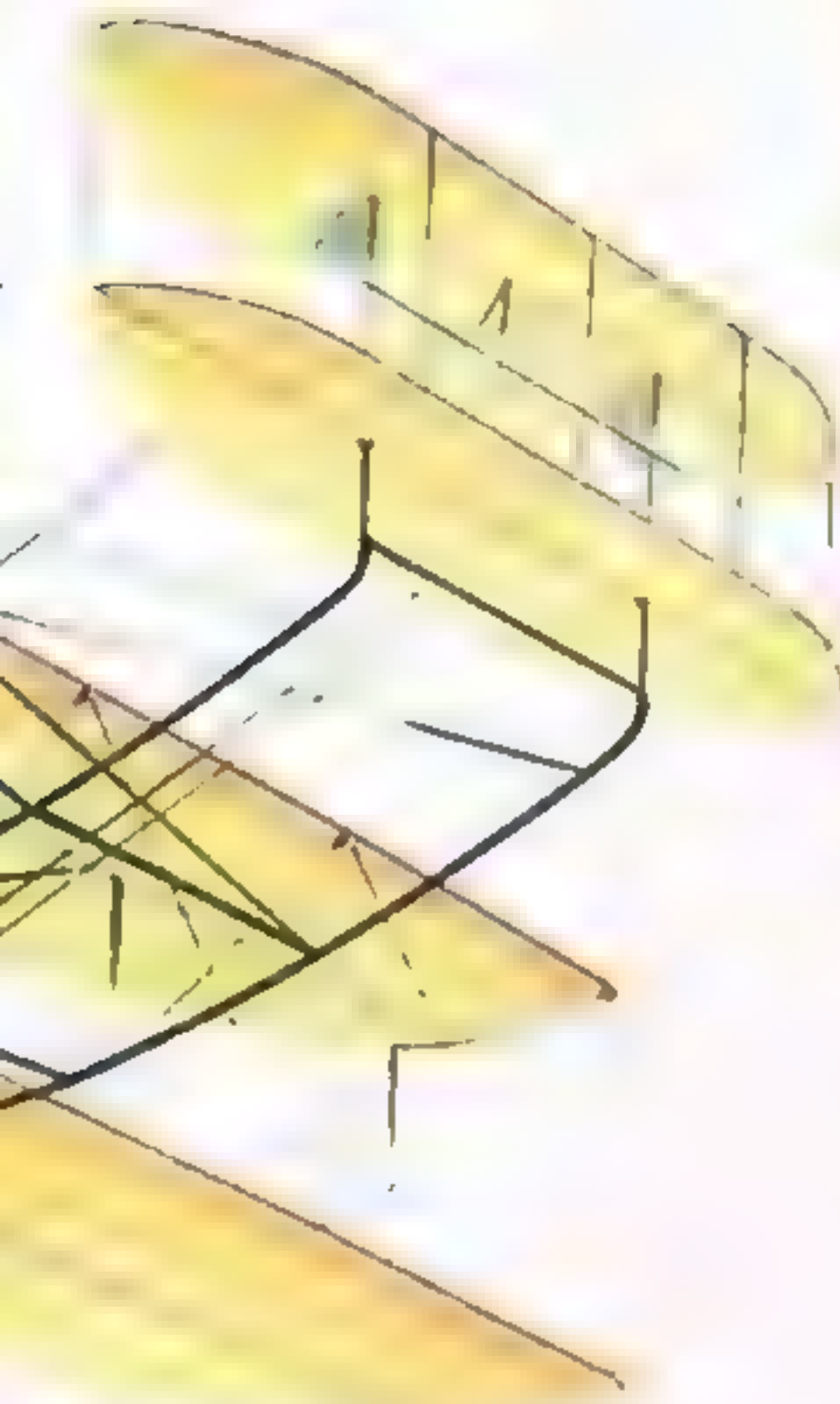


El Boeing 747 «Jumbo Jet» es un aparato gigantesco que, en ciertas versiones, puede llevar casi 500 pasajeros. El peso de despegue es de más de 370 toneladas; el fuselaje tiene una longitud de más de 70 metros y el plano de deriva tiene la altura de un edificio de seis pisos

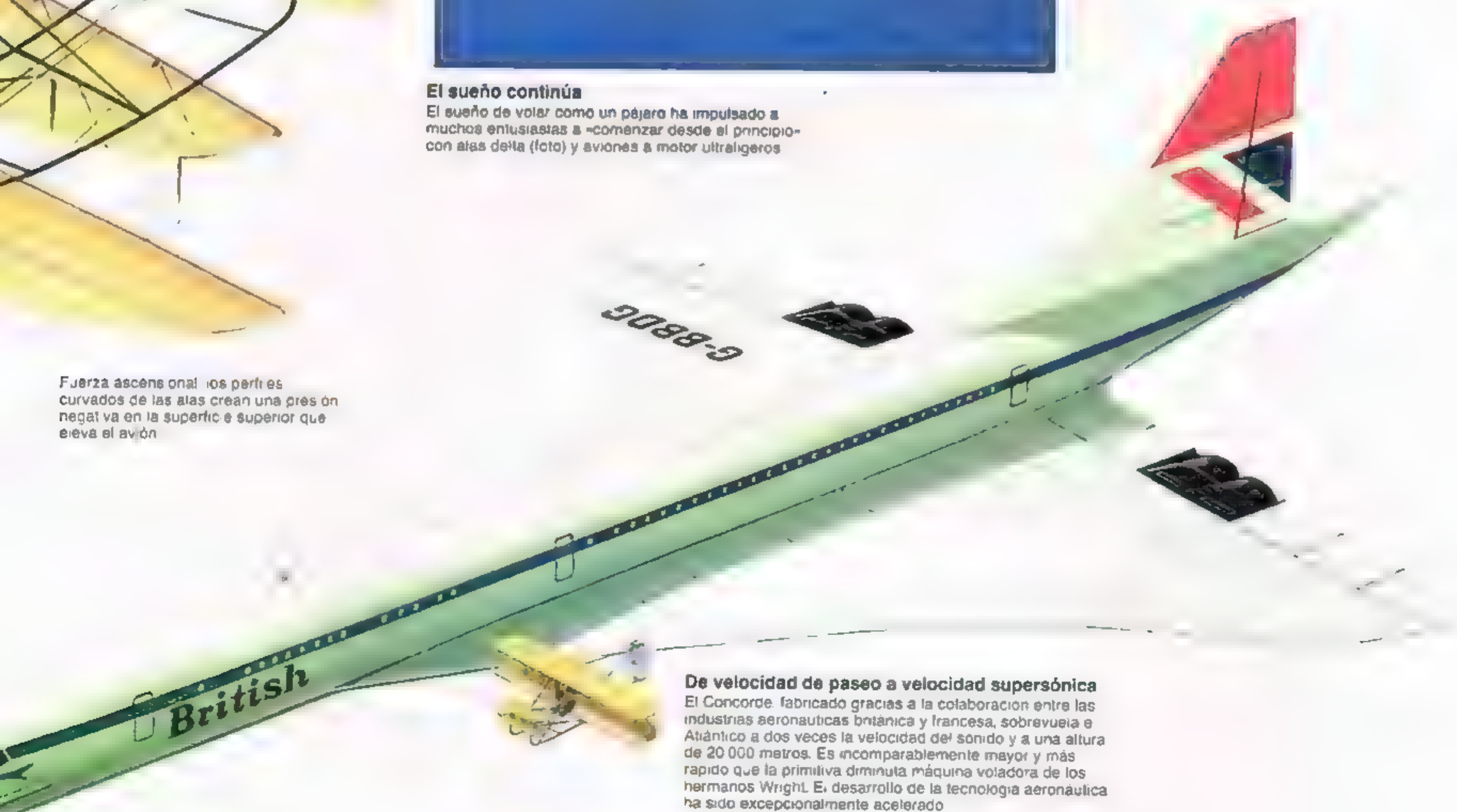


El sueño continúa

El sueño de volar como un pájaro ha impulsado a muchos entusiastas a «comenzar desde el principio» con alas delta (foto) y aviones a motor ultraligeros



Fuerza ascendente: los perfiles curvados de las alas crean una presión negativa en la superficie superior que eleva el avión



De velocidad de paseo a velocidad supersónica

El Concorde, fabricado gracias a la colaboración entre las industrias aeronáuticas británica y francesa, sobrevuela el Atlántico a dos veces la velocidad del sonido y a una altura de 20 000 metros. Es incomparablemente mayor y más rápido que la primitiva diminuta máquina voladora de los hermanos Wright. El desarrollo de la tecnología aeronáutica ha sido excepcionalmente acelerado

Las rutas aéreas

La aviación de ayer y de hoy

La historia de la aviación comercial comienza en la década de 1920: este «aerotaxi» de 1928 nos da una muestra del primitivismo de aquella época. Las tarifas eran, sin embargo, altas. Volar era una forma de viajar o más bien una aventura para unos pocos privilegiados.



En menos de sesenta años la aviación se ha convertido en uno de los medios de comunicación más importantes, reclutando pasajeros de todas las clases sociales. Abajo: turistas embarcando en un DC-9 en un pequeño aeropuerto del centro de Suecia.



La aviación comercial no apareció realmente hasta el período inmediatamente posterior a la Primera Guerra Mundial. Fue en esa época cuando los intrépidos pilotos empezaron a transportar sacas de correo entre las grandes ciudades europeas y norteamericanas en aviones abiertos. A veces llevaban algún pasajero, completamente cubierto para protegerse contra el frío del aire. Sin embargo, los diseñadores de aviones, aprovechando su experiencia durante la guerra, empezaron pronto a construir aviones especiales para pasajeros. En Europa se desarrolló una red de rutas aéreas, que se extendía hasta las colonias del Imperio Británico en Oriente y que igualmente conectaban las costas este y oeste de los Estados Unidos.

A pesar de ello, antes de la Segunda Guerra Mundial, volar siguió siendo una forma de viaje secundaria. Los servicios eran irregulares y los aviones volaban por contacto visual; es decir, manteniendo el suelo siempre a la vista, por lo que dependían de la existencia de buenas condiciones meteorológicas. La Segunda Guerra Mundial mejoró los servicios meteorológicos, amplió las comunicaciones por radio, el radar, el número de aeropuertos y, en especial, el motor a reacción. Las décadas de 1950 y 1960 marcaron el momento decisivo para las líneas comerciales.

La mayor ventaja del avión es la velocidad. Todo tipo de mercancías valiosas que haya que transportar deprisa son cargas aéreas potenciales, desde «chips» electrónicos a elefantes de circo. La mayoría de la gente tiene naturalmente más relación con los aviones de pasajeros (regulares o «chárter»), aunque para una línea aérea el pasajero es poco más que un envío de mercancías excepcionalmente exigente.

Hay dos tipos de rutas aéreas, unas que conectan las grandes ciudades y que sobrevuelan los océanos, y las otras formadas por líneas secundarias. En cada una se emplean diferentes tipos de aviones, y en las líneas secundarias cortas los aparatos de hélices siguen siendo una alternativa competitiva. La aviación comercial no ha seguido la tendencia militar hacia velocidades cada vez mayores. Las velocidades de crucero de 850-900 km/h son las más económicas, y el Concorde anglofrancés es el único avión supersónico de pasajeros actualmente en servicio. Los sistemas modernos de navegación son electrónicos, incorporando aerofaros y material similar. Los aviones transoceánicos emplean la navegación inercial con un complejo sistema de giróscopos, acelerómetros y ordenadores.

Los aeropuertos también han cambiado, transformándose de idílicos campos verdes en enormes centros industriales. A comienzos de la década de 1980, el aeropuerto de más tráfico del mundo era el O'Hare de Chicago, con una media diaria de 2.000 llegadas y salidas y más de 120.000 pasajeros. El de Heathrow, en Londres, era el mayor de Europa con más de 1.000 llegadas y salidas al día.



Servicios de tierra

Una vez en tierra, el avión es rodeado por vehículos de servicio: tractores de remolque, camiones cisternas, coches de bomberos y diversos vehículos de mantenimiento técnico y hostelería. Es necesario efectuar todas estas operaciones con rapidez. Cuesta mucho dejar un avión parado.

Pasillos aéreos y aeropuertos

El tráfico aéreo está regulado meticulosamente. Todo aeropuerto (derecha) está rodeado de una zona aérea de aproximación estrechamente vigilada, en la que se sitúan los aviones a diferentes alturas mientras esperan su turno para aterrizar. Estas áreas a su vez están conectadas por pasillos aéreos, en los que los aviones vuelan a diferentes alturas y en diferentes direcciones. Todo el tráfico es observado en el radar y controlado por radio desde las torres de control de tráfico. Un aeropuerto (abajo) tiene varios kilómetros de pistas con balizas y sistemas de aterrizaje por instrumentos, y pistas de rodaje para que los aparatos que se mueven en tierra no interfieran con los despegues o aterrizajes. Los aviones se agrupan en las áreas de estacionamiento, en torno a las cuales se encuentran los edificios de control de vuelo, de pasajeros y carga, servicios técnicos y administración.

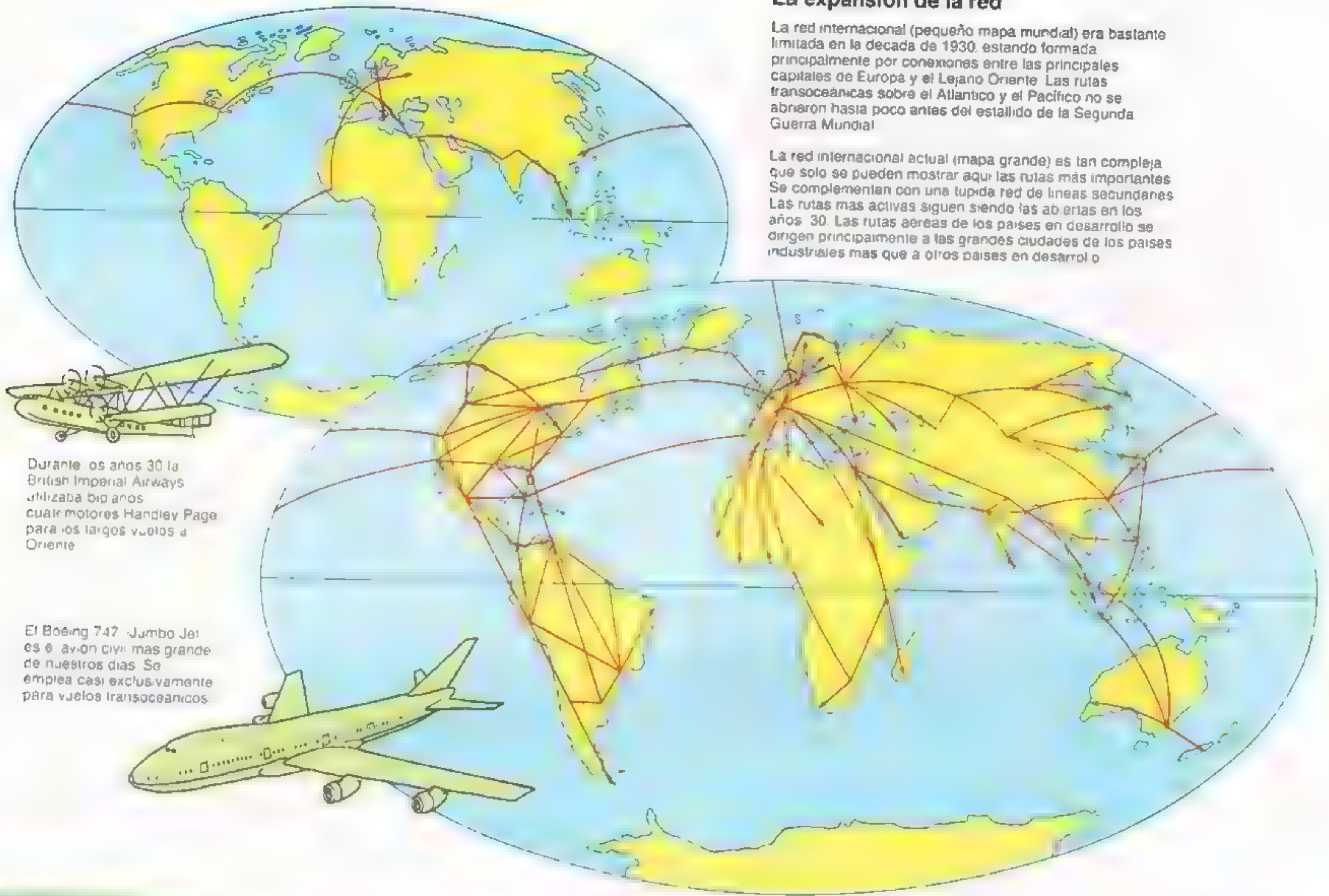


El aeropuerto es una industria importante de grandes dimensiones y con amplios recursos técnicos.

La expansión de la red

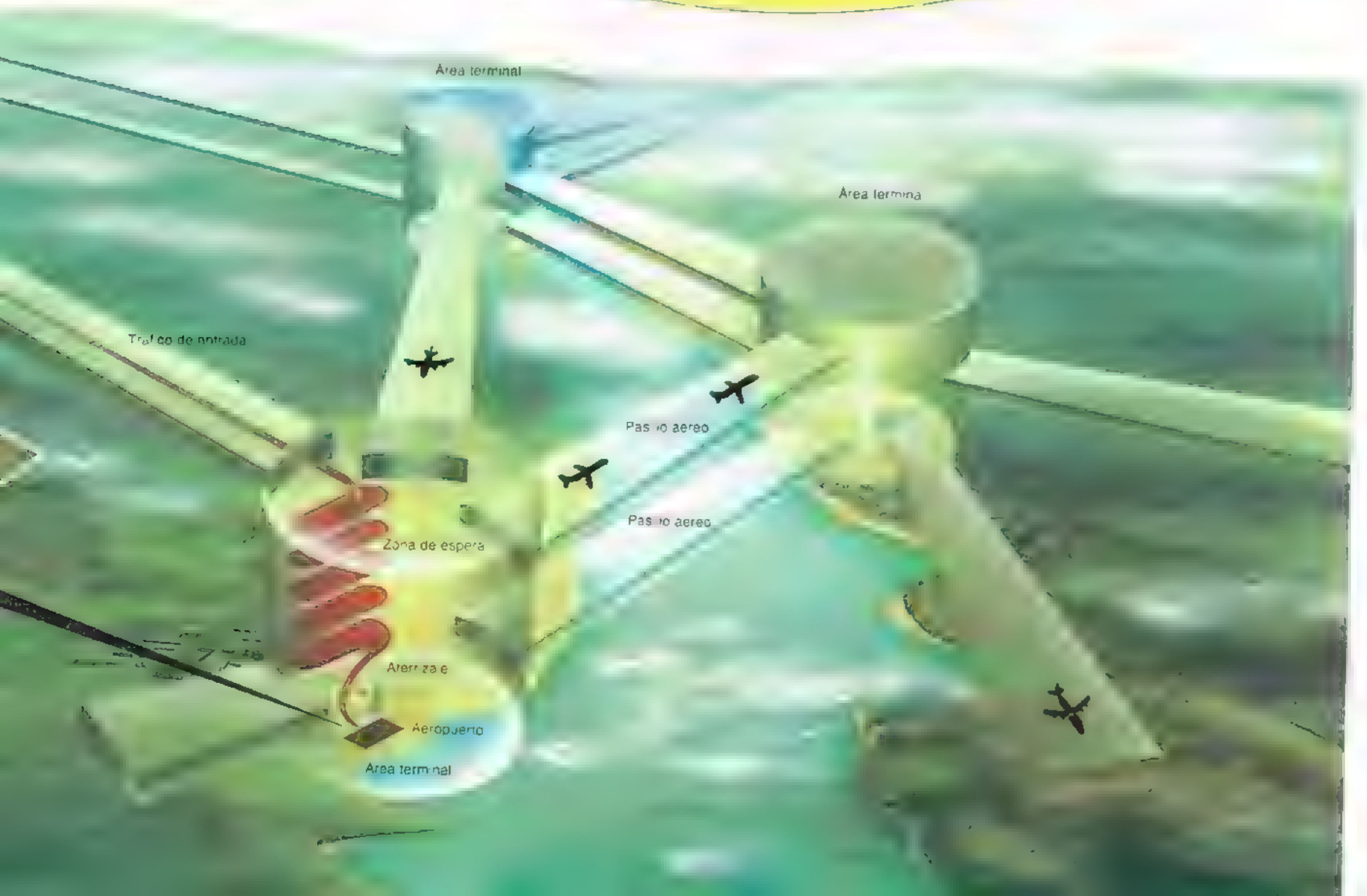
La red internacional (pequeño mapa mundial) era bastante limitada en la década de 1930, estando formada principalmente por conexiones entre las principales capitales de Europa y el Lejano Oriente. Las rutas transoceánicas sobre el Atlántico y el Pacífico no se abrieron hasta poco antes del estallido de la Segunda Guerra Mundial.

La red internacional actual (mapa grande) es tan compleja que solo se pueden mostrar aquí las rutas más importantes. Se complementan con una tupida red de líneas secundarias. Las rutas más activas siguen siendo las aberturas en los años 30. Las rutas aéreas de los países en desarrollo se dirigen principalmente a las grandes ciudades de los países industriales más que a otros países en desarrollo.



Durante los años 30 la British Imperial Airways utilizaba biplanos con motores Handley Page para los largos vuelos a Oriente.

El Boeing 747 Jumbo Jet es el avión civil más grande de nuestros días. Se emplea casi exclusivamente para vuelos transoceánicos.



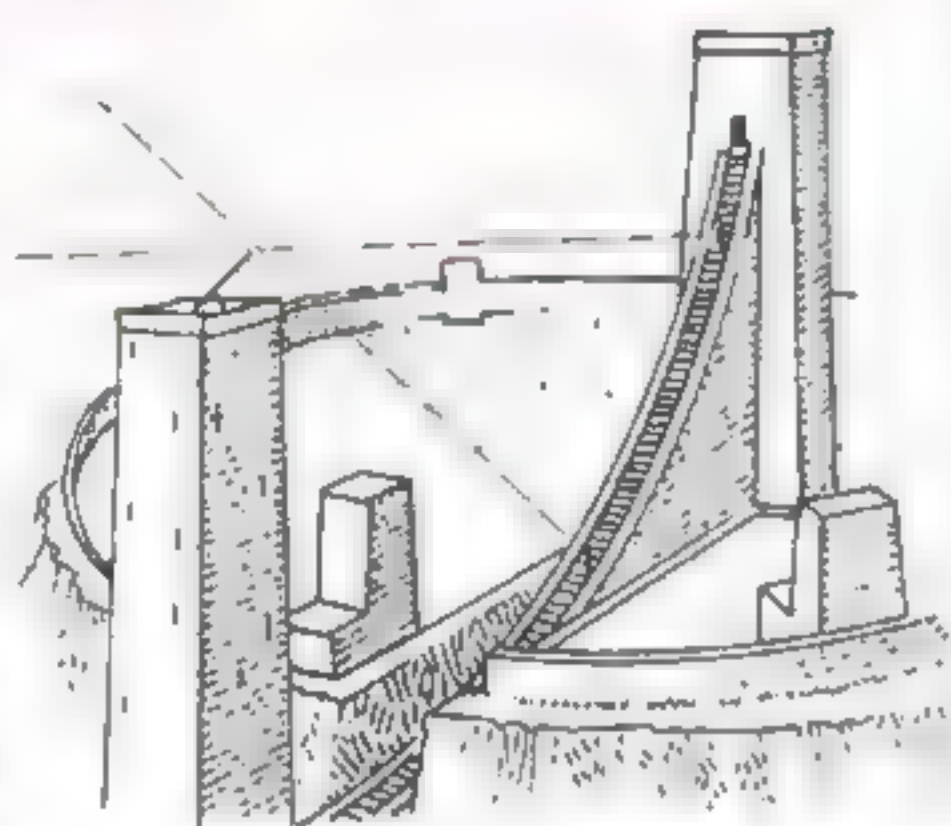
A la conquista del espacio

Observando el espacio



Desde tiempos inmemoriales las estrellas se han servido al hombre como reloj y puntos de referencia. La mayoría de los pueblos primitivos tienen un conocimiento práctico del tiempo astronómico y de la navegación celeste superior al del moderno ciudadano urbano medio.

Antes de la invención del telescopio los instrumentos astronómicos tenían que ser muy grandes para lograr la suficiente precisión. A veces tales instrumentos constituían edificios enteros (derecha).



Cuadrante para determinar la posición de las estrellas, en el observatorio de Ulugh Begh en Samarcanda, construido hacia el año 1440

Galileo construyó el primer telescopio (aunque la idea era holandesa) e inmediatamente lo dirigió hacia las estrellas. Esto provocó una revolución científica; el hombre podía ver ahora más allá en el espacio y distinguir los planetas como cuerpos celestes y no como simples puntos de luz. Galileo descubrió las lunas de Júpiter y los anillos de Saturno.

Toda radiación contiene información sobre su fuente. Los astrónomos modernos utilizan radiotelescopios (abajo) y registran imágenes por medio de los rayos ultravioletas e infrarrojos y de los rayos X.



El primer telescopio de Galileo, fabricado en 1609

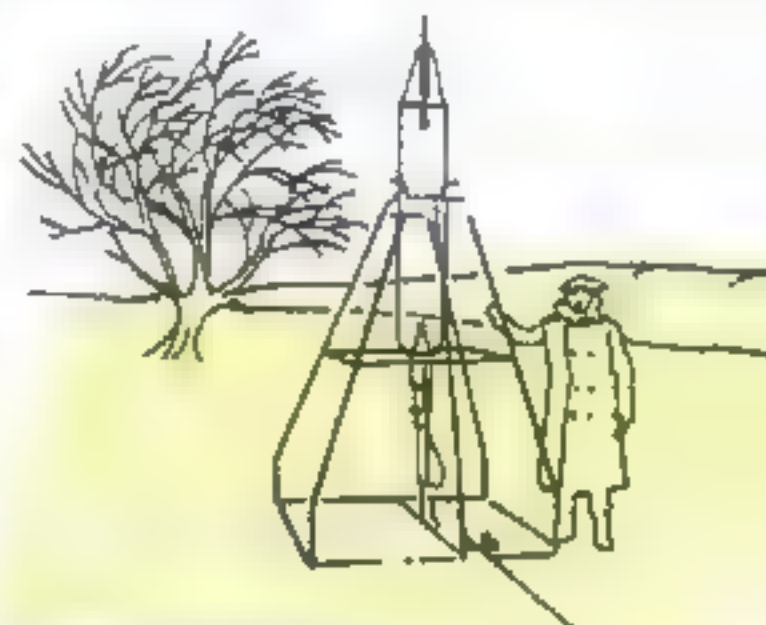


Un sueño convertido en realidad



Julio Verne

describió en una novela de ficción científica en 1865 el lanzamiento al espacio de un obus tripulado, su vuelo alrededor de la Luna y su aterrizaje en el Océano Pacífico.



Robert Goddard

fue el padre de las modernas técnicas de cohetes y construyó numerosos cohetes experimentales. Éste fue su primer modelo de éxito: ascendió varios cientos de metros en 1926

El hombre inició su salida al espacio un día de abril de 1961, cuando el piloto de pruebas soviético Yuri Gagarin dio la vuelta a la Tierra en una hora y cuarenta y ocho minutos a bordo de una cápsula espacial. El hombre está ahora camino de un medio totalmente nuevo que le exige nuevos avances, pero que también le abre nuevas perspectivas.

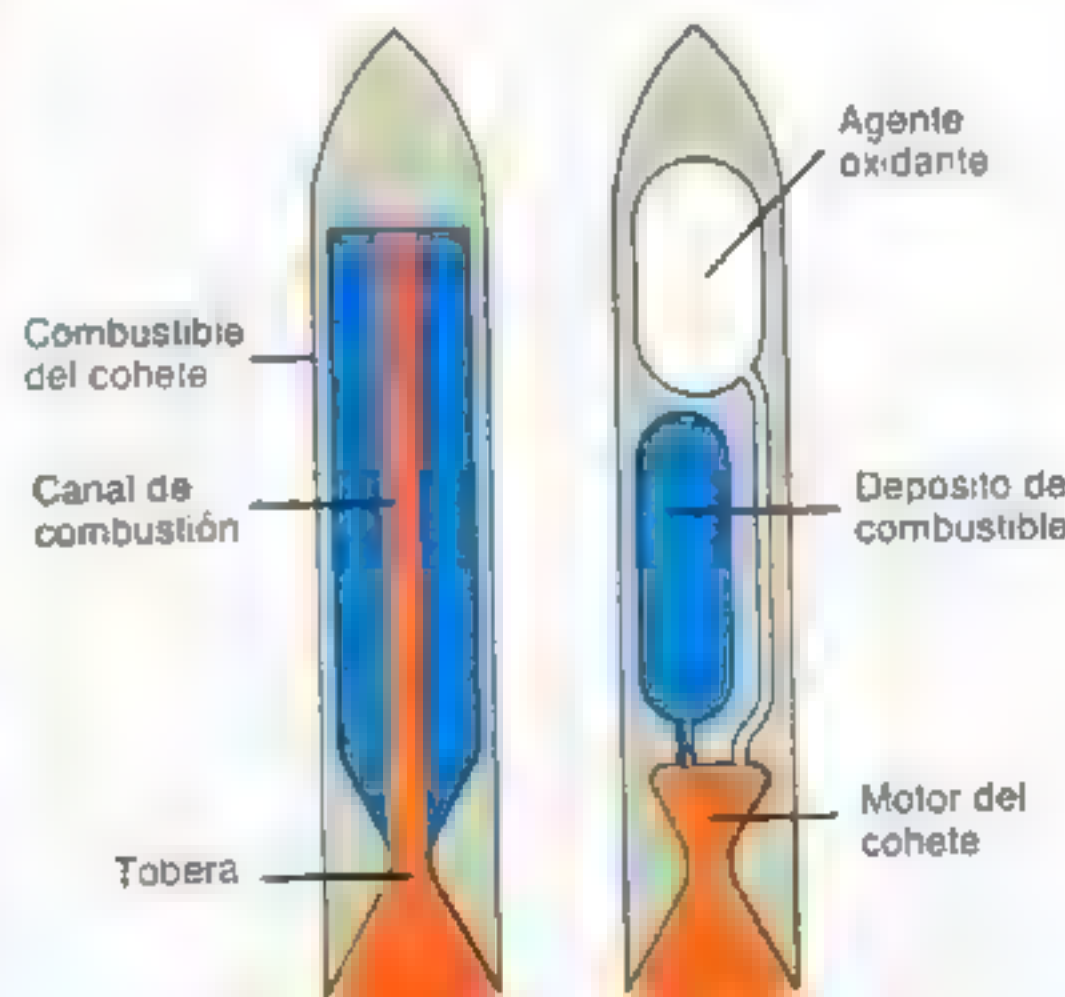
Sólo hace 300 años que somos conscientes de la existencia del espacio exterior. A pesar de que Copérnico, hacia el año 1500, hizo algunas deducciones sobre nuestro sistema planetario, fue la nueva física de Galileo y Newton la que sustituyó los conceptos medievales del universo. Newton hubiera podido comprender cómo un cohete puede seguir funcionando en el vacío del espacio. Arrojando gases de combustión hacia atrás a alta velocidad se aumenta el impulso hacia adelante de acuerdo con las leyes del movimiento que el mismo Newton formuló. Él también hubiera entendido los satélites artificiales de nuestros días. Al igual que la Luna, cuya órbita Newton fue el primero en calcular, estos satélites son atraídos constantemente hacia la Tierra. Pero su velocidad orbital es tan elevada (3-8 km/seg) que su trayectoria se mantiene paralela a la superficie de la Tierra. Consecuentemente, los satélites no se estrellan contra el suelo, sino que siguen girando en órbita durante años.

Viajar y sobrevivir en el espacio requiere recursos técnicos avanzados. Los seres humanos necesitan oxígeno para respirar y protección contra las radiaciones y las temperaturas extremas. La falta de gravedad prolongada puede provocar confusión mental, el deterioro de la composición de la sangre y la descalcificación de los huesos. Para mantener al hombre vivo en el espacio es necesario llevar a cabo investigaciones fundamentales y desarrollar una nueva tecnología para el mantenimiento de la vida. Si el hombre no busca sólo sobrevivir, sino también trabajar en el espacio los requisitos tecnológicos serán aún mayores.

Actualmente, hay unos 300 satélites activos girando alrededor de la Tierra y ya se están elaborando proyectos de estaciones espaciales permanentes. La exploración y la investigación espaciales darán nuevas dimensiones a nuestra civilización. Nos aguardan nuevos conocimientos sobre los orígenes, historia y destino último del sistema planetario y del universo.

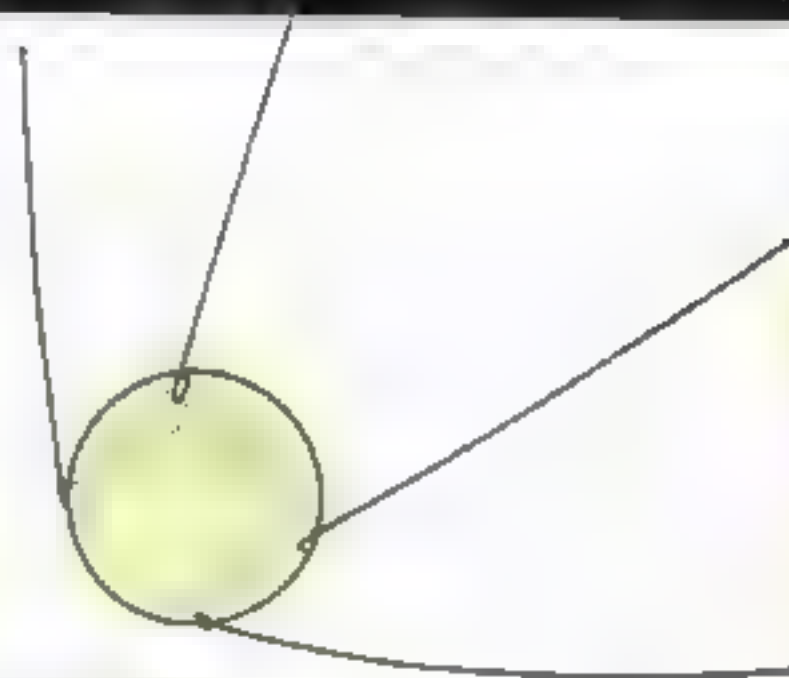
Combustibles sólido y líquido

El cohete de combustible sólido (izquierda) es una versión refinada del popular cohete de los fuegos artificiales. El combustible generalmente caucho sintético mezclado con un agente oxidante, tiene un canal de combustión en el medio y expulsa los gases por una tobera. El cohete de combustible líquido (derecha) tiene depósitos separados para el combustible y el agente oxidante. Un vehículo que disponga de un motor de este tipo puede ser reabastecido de combustible y volverse a utilizar, mientras que el cohete de propulsor sólido sólo se puede utilizar normalmente una vez.

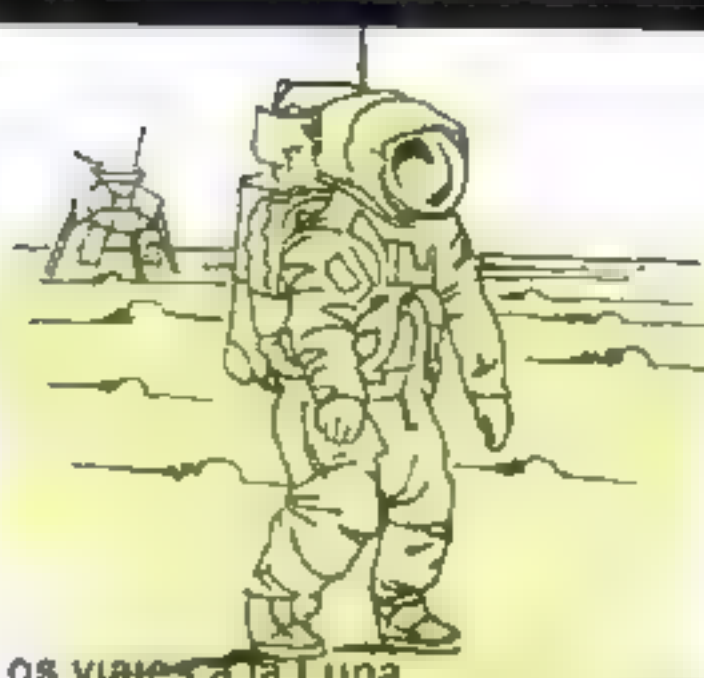




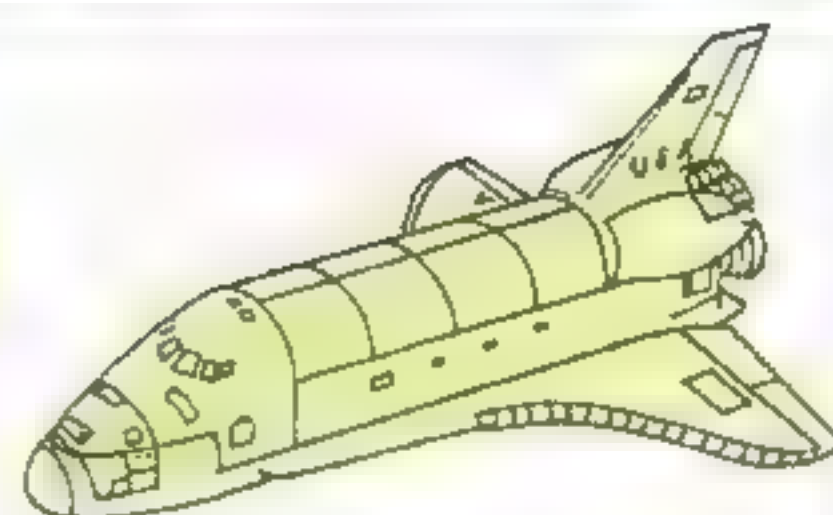
Werner von Braun
Desarrolló el cohete V2 en la base
Alemana de Peenemünde durante la
Segunda Guerra Mundial. Posteriormente,
trabajó en misiles balísticos y proyectos
de satélites en Estados Unidos.



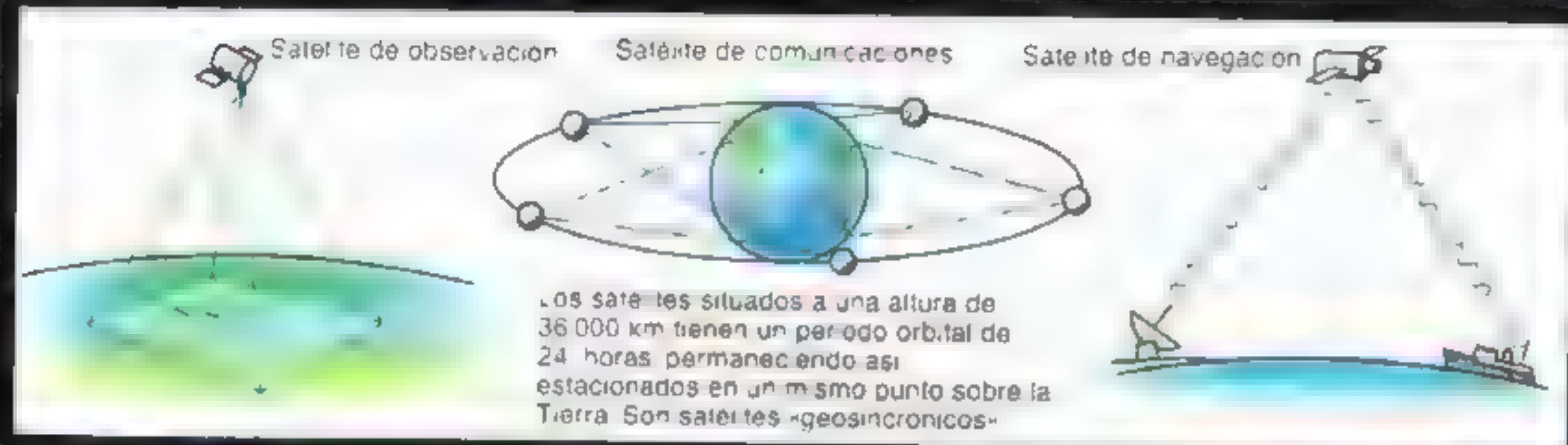
El Sputnik 1
Fue el primer satélite fabricado por el
hombre. La Unión Soviética lo puso en
órbita en 1957 iniciando la carrera
espacial que aún mantiene con Estados
Unidos.



Los viajes a la Luna
De finales de los 60 y principios de los 70
fueron el colón de una época de la
historia de los viajes espaciales. Desde
entonces se ha prestado mayor atención
a aplicaciones prácticas y resultados
científicos que a hazañas prestigiosas.



El transbordador espacial
Fue construido por Estados Unidos y realizó
su primer vuelo en 1982. Este vehículo
espacial recuperable ha disminuido en gran
medida el coste de la puesta en órbita de
pequeños satélites y de la realización de
experimentos científicos en un estado de
microgravedad o en el vacío del espacio.



La utilización del espacio

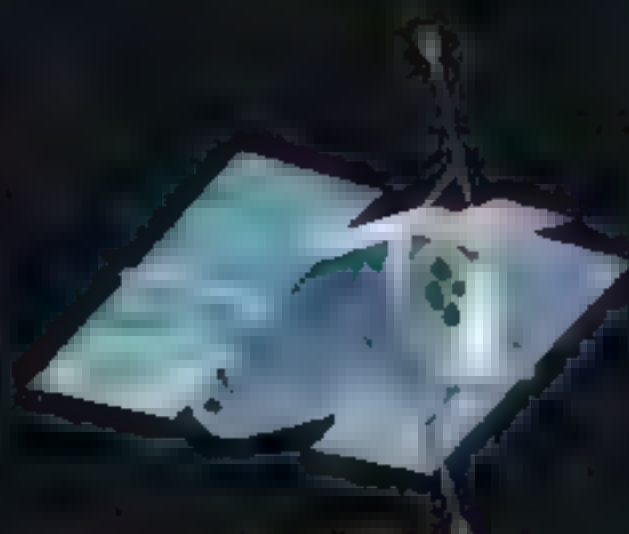
Actualmente se desarrolla una intensa
actividad en nuestro espacio inmediato.
Satélites meteorológicos, de localización de
recursos y de reconocimiento, están
continuamente fotografiando nuestro
planeta y estudiando su superficie con
diversos instrumentos. Los satélites han
revolucionado las telecomunicaciones
internacionales y ya se utilizan satélites de
navegación. Sin embargo, el hombre no
estará realmente establecido en el espacio
hasta la instalación de auténticas
estaciones espaciales, algo que se
contempla para el próximo siglo (esquema
inferior). Tales estaciones rotarán
probablemente para dar a sus tripulantes
cierta sensación de gravedad.



Nave espacial

Transbordador espacial

Las estaciones espaciales
servirán principalmente como
avanzadillas científicas. Un área de
investigación importante es la fisiología
seguimos sin tener un conocimiento
completo sobre los problemas físicos que
le pueden sobrevenir al hombre en
estancias prolongadas en el espacio.



Satélite con
células solares

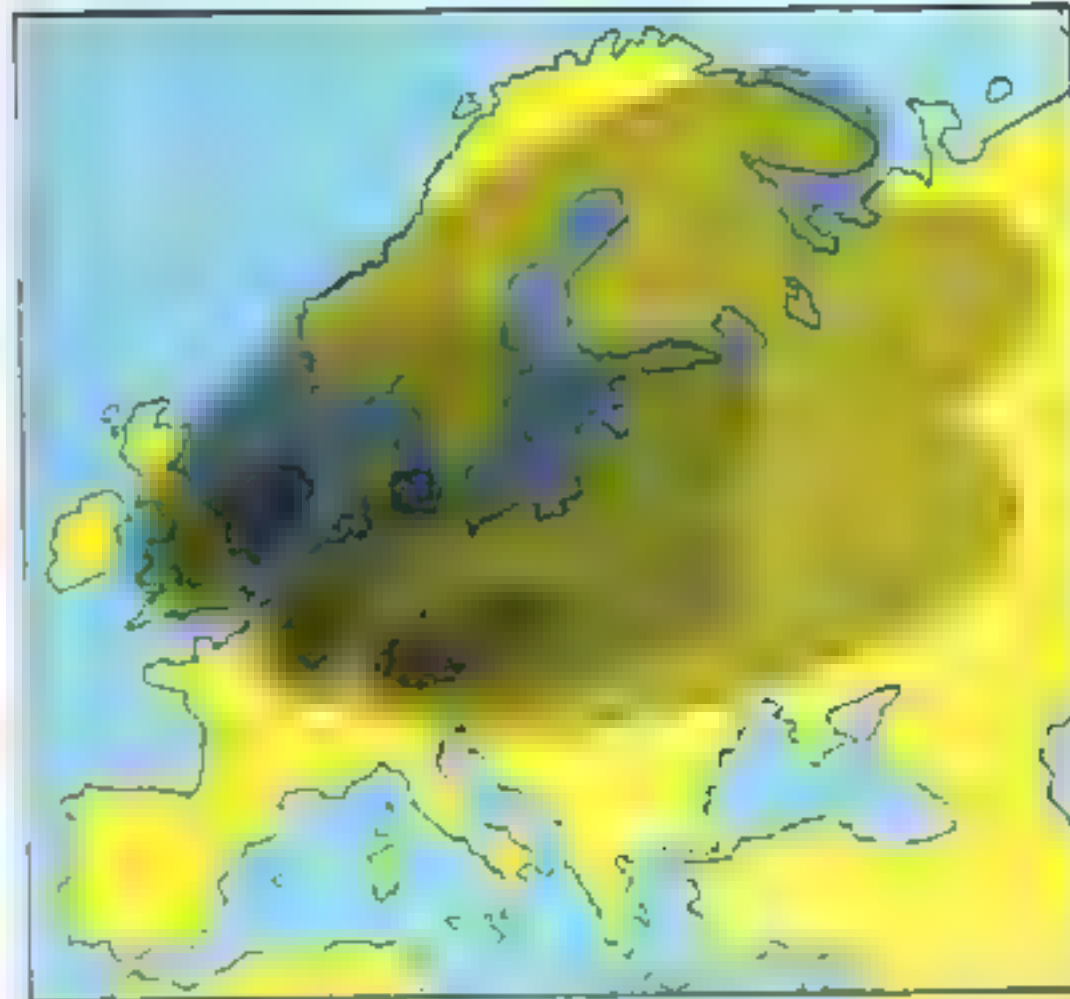
El hombre y la atmósfera

La contaminación industrial del aire

Las grandes concentraciones de industrias pesadas pueden producir una grave contaminación. Desde las chimeneas de las regiones industriales como los Midlands británicos, el Ruhr y la Sajonia-Bohemia, la contaminación se extiende hacia el norte y el este con los vientos dominantes.

Contaminación a larga distancia

La contaminación procedente de una zona de industria pesada sigue el mismo esquema de distribución que la lluvia radiactiva de una explosión nuclear. Las partículas más pesadas (hollín, ceniza) descienden cerca de la chimenea. En un área al píica a sotavento de la fuente, la contaminación es intensa. A mayores distancias parte del material se eleva y se diluye, aunque puede regresar a tierra con la lluvia.



Contaminación local

Donde el terreno y las inversiones térmicas impiden la dispersión del contaminante, la luz solar puede convertir los hidrocarburos y los óxidos nítricos en un «smog» (niebla sucia) picante y amarillento. La fotografía es de Los Angeles, donde este tipo de «smog» se da con frecuencia.



Cuando Carl von Linné visitó la mina de cobre de Falun, en el centro de Suecia, a principios de 1734, observó la contaminación del aire con interés y preocupación. El humo sulfuroso se cernía sobre la pequeña población y sus habitantes que no cesaban de toser. Sin embargo, no tenían que ir muy lejos para encontrar aire fresco, pues la contaminación era local.

La industria moderna no está situada en comunidades mineras alejadas, sino dentro de las grandes ciudades. Consecuentemente, el número de personas afectadas por la contaminación del aire es cada vez mayor. El aumento de los escapes de humos y venenos aerotransportados es más de lo que puede soportar el sistema de circulación de la atmósfera, y la capacidad de la vegetación para purificar el aire disminuye a medida que las plantas se envenenan.

La contaminación del aire se produce principalmente por la combustión de petróleo y carbón. Al arder estas sustancias liberan metales pesados que llevan cientos de años fijados a la corteza de la Tierra. El problema más grave es el del azufre. Es lanzado a la atmósfera como dióxido de azufre (SO_2), aunque en contacto con el agua se convierte en ácido sulfuroso (H_2SO_3) y finalmente en ácido sulfúrico (H_2SO_4). Este ácido corroe la maquinaria y los componentes metálicos y daña la piedra de los edificios, siendo un buen ejemplo la Acrópolis de Atenas. Sin embargo, las enfermedades respiratorias y pulmonares que engendra en millones de personas constituye un problema más grave.

Durante muchos años la gente se negaba a aceptar que este problema se extendiera más allá de los centros industriales. Pero el viento puede transportar los ácidos a grandes distancias, desde el Ruhr a Escandinavia y desde Estados Unidos a Canadá, antes de caer en lluvia ácida. Tanto en Escandinavia como en Canadá, la roca madre tiene bajo contenido de cal y el suelo carece de una reserva alcalina protectora que neutralice el ácido. Los daños se perciben rápidamente. Se altera el crecimiento de los bosques y los árboles debilitados se vuelven vulnerables a enfermedades y a los ataques de los parásitos. Actualmente, los bosques de Europa central están empezando a morir según se van agotando las reservas alcalinas de la roca madre. En lagos y arroyos cesa toda la vida cuando el valor pH cae por debajo de 4. Muchos lagos de Escandinavia han perdido ya toda vida orgánica.

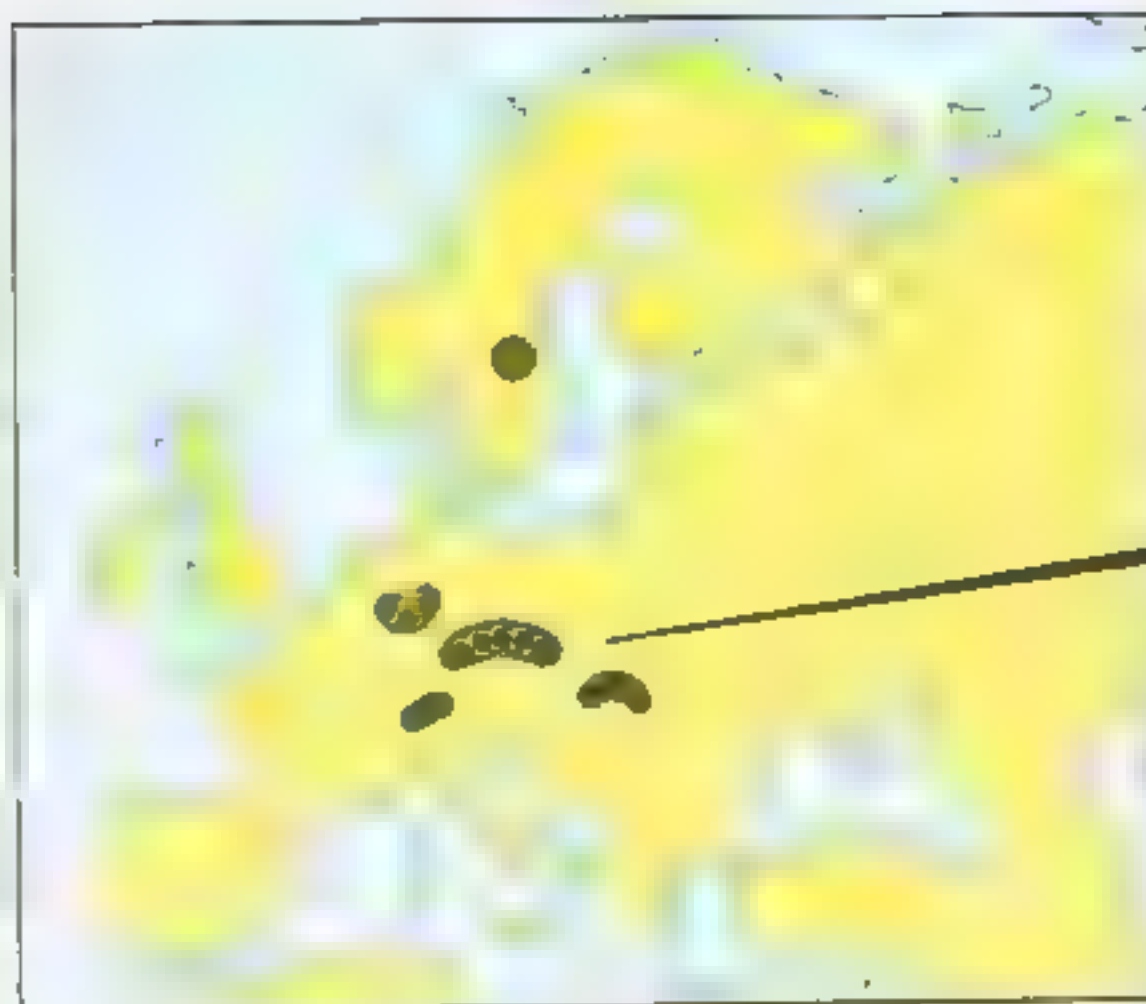
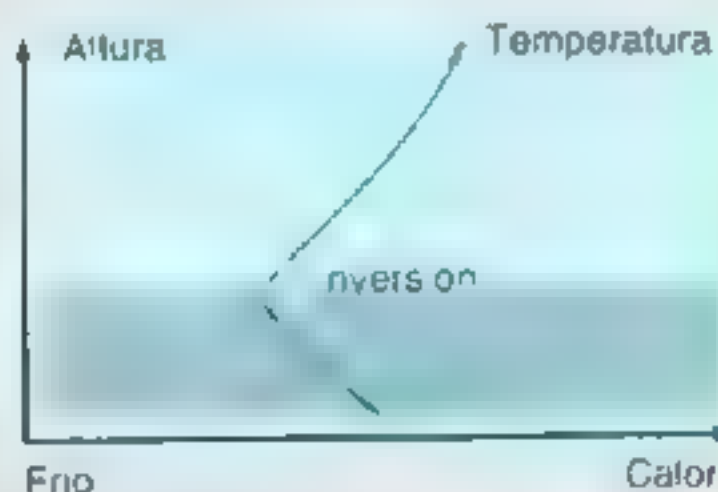
Dos problemas a largo plazo preocupan a los científicos. Uno atañe a la capa de ozono de la atmósfera, oxígeno triatómico, que absorbe la mayor parte de las radiaciones ultravioletas del Sol. Si esta capa desaparece o se deteriora, la vegetación de la Tierra sufrirá graves daños. Uno de los resultados de una guerra nuclear sería la destrucción de la capa de ozono. Los escapes a la estratosfera del gas freón procedente de los aerosoles y de los acondicionadores de aire y de los tubos de escape de los aviones a reacción, pueden también dañar la capa protectora.

El segundo problema lo causa el dióxido de carbono. Si la combustión del petróleo y del carbón aumenta el contenido de dióxido de carbono de la atmósfera, la presencia de este gas podría disminuir las irradiaciones de calor de la Tierra al espacio. Esta alteración del equilibrio de radiaciones del planeta tendría graves efectos, aún desconocidos, sobre el clima. En este siglo ha aumentado el volumen de dióxido de carbono de la atmósfera, aunque no está probado que la temperatura media de la Tierra haya también aumentado. La destrucción de los bosques emite también a la atmósfera grandes cantidades de dióxido de carbono procedente de la biomasa quemada y descompuesta, lo cual supone una amenaza a nuestras reservas de oxígeno.

Estos problemas no son insuperables. La industria puede adoptar procesos más limpios. El problema de los escapes de coches puede solucionarse con mejores aparatos purificadores y otros tipos de motores y combustibles. Se puede detener la despiadada despoblación forestal. Unas medidas rápidas y la colaboración entre países pueden asegurar la existencia de un aire limpio para la respiración de las futuras generaciones.

Inversión térmica

En algunos casos la atmósfera se estratifica de tal manera que la temperatura a cierta altura aumenta en lugar de disminuir. Esta inversión térmica mantiene la contaminación como si estuviera bajo una tapadera, y puede alcanzar un nivel de concentración peligroso en poco tiempo.



La contaminación del aire en el pasado

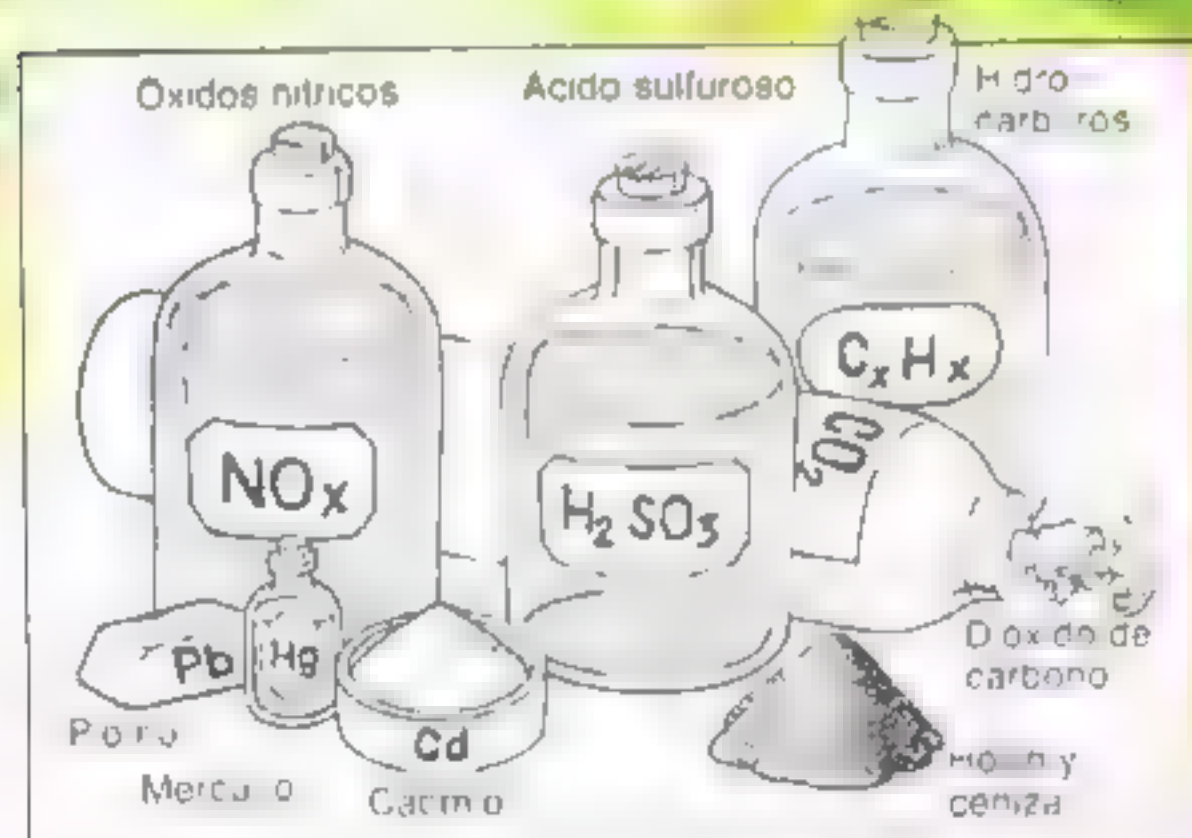
En el siglo XVI antes de la industrialización, ya había contaminación en el aire. Se daba principalmente en los distintos mineros donde se procesaban las menas de azufre (mapa). Sin embargo, era a una escala tan reducida que la contaminación se limitaba a zonas muy pequeñas.



La metalurgia en el siglo XVI

era primitiva. Los hornos eran poco eficaces y las menas de azufre se solían procesar con frecuencia en hogares abiertos que despedían gran cantidad de humo. La liberación del dióxido de azufre destruía en muchos casos la vegetación de la zona circundante.

Las sustancias tóxicas del aire pueden penetrar en las plantas al mentecias, alcanzando niveles peligrosos. El crecimiento de las plantas puede verse también gravemente alterado.



El aire que respiramos

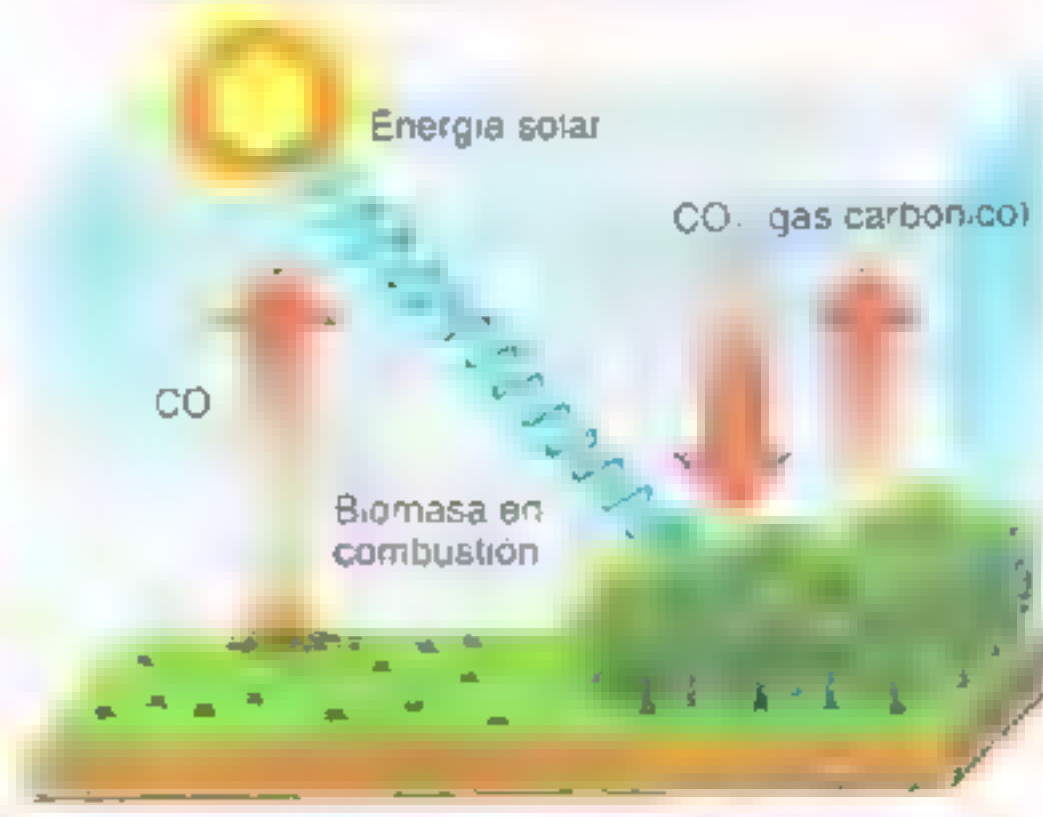
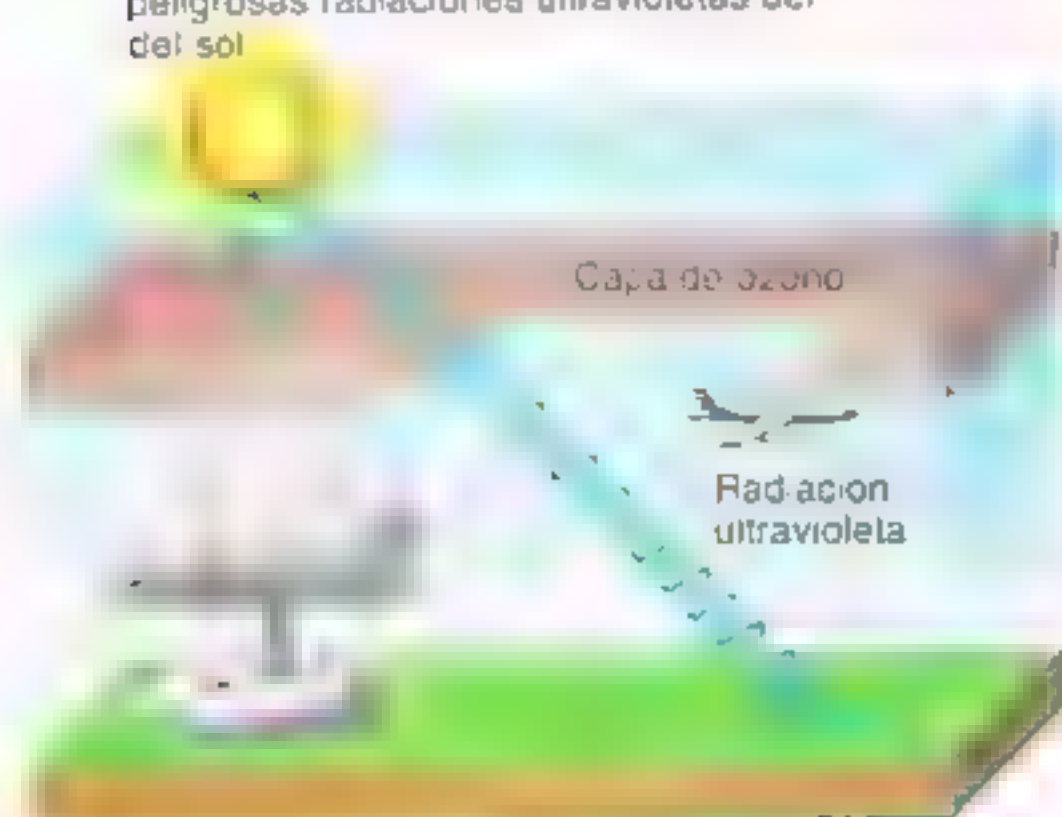
contiene a menudo sustancias extrañas (arriba, algunos ejemplos) procedentes de diversas fuentes, como la industria, los escapes de los vehículos, las calefacciones y la quema de residuos.

Amenazas a largo plazo

Las explosiones nucleares y los reactores de vuela a gran altura pueden destruir la capa de ozono que nos protege de las peligrosas radiaciones ultravioletas del sol.

El dióxido de carbono procedente de la combustión del carbón y del petróleo puede obstaculizar la irradiación de calor al exterior (efecto invernadero) y modificar el clima mundial.

Los bosques fijan el dióxido de carbono mediante la fotosíntesis y lo expulsan por la respiración. Las áreas desforestadas sólo pueden emitirlo, nunca fijarlo.







El agua

Los navegantes de la antigua Grecia creían que la Tierra era un disco plano rodeado de un gran mar exterior, Oceanus. El primer filósofo griego, Tales, que vivió en torno al año 600 a. de C., creía que el agua era el origen del mundo.

Cuando los químicos del siglo XVIII demostraron que era un compuesto de hidrógeno y oxígeno, el agua perdió su condición de elemento primario. Pero nada más sufrir tal revés, la nueva ciencia de la fisiología descubrió su importancia fundamental en los procesos vitales, como disolvente de los compuestos de carbono que constituyen las sustancias químicas base de la vida. En la actualidad, los científicos creen que la vida surgió en el agua, probablemente en una cuenca protegida de agua de marea en las costas del mar primigenio.

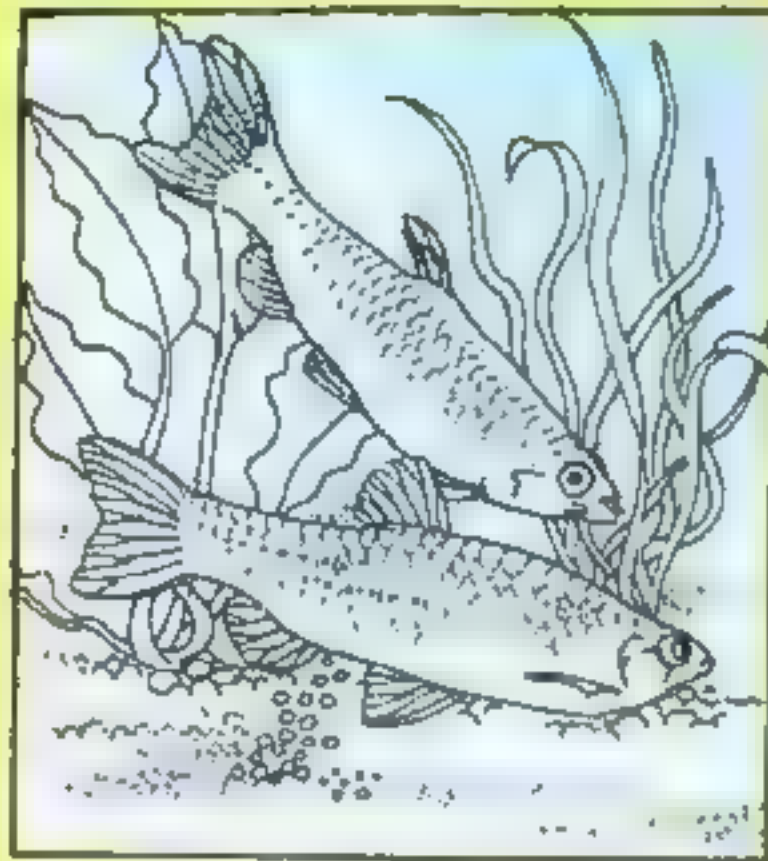
El agua ha influido siempre en el desarrollo cultural de la humanidad. El hombre primitivo huía de los desiertos áridos y de las junglas impenetrables. Las primeras civilizaciones avanzadas surgieron donde los grandes ríos, el Eúfrates y el Tigris, el Nilo, el Indo y el Amarillo, le permitían al hombre regar sus campos. Más adelante, el hombre puso velas a sus embarcaciones todavía primitivas y recorrió los océanos.

Hoy día la existencia de agua sigue siendo un factor vital de nuestras vidas. En las regiones agostadas del Próximo Oriente y del suroeste de Estados Unidos, la falta de agua se ha convertido en una amenaza para el futuro, aunque también en Europa central la escasez de agua está resultando un obstáculo creciente para la expansión de ciudades e industrias.

Nuestro constante interés por el agua ha dado como resultado la aparición de todo un grupo de «ciencias del agua». La meteorología es una de ellas, al estar íntimamente relacionada con el ciclo del agua. La hidrología comprende el estudio de las aguas superficiales y de las aguas subterráneas, y la limnología es la ciencia de la biología del agua dulce. Sin embargo, las más fascinantes para el gran público son la oceanografía y la biología marina. Hasta el siglo pasado no se exploraron las profundidades del océano, ni se estudiaron y clasificaron sus organismos. En nuestra época, hemos descendido a las mayores profundidades del mar y hemos encontrado vida. Todo esto nos ha hecho comprender la importancia del agua y la locura de contaminarla. La amenaza de extinción de algunas especies acuáticas nos obliga a tomar medidas internacionales para salvarlas.

El agua, fuente de vida

La reproducción dentro y fuera del agua



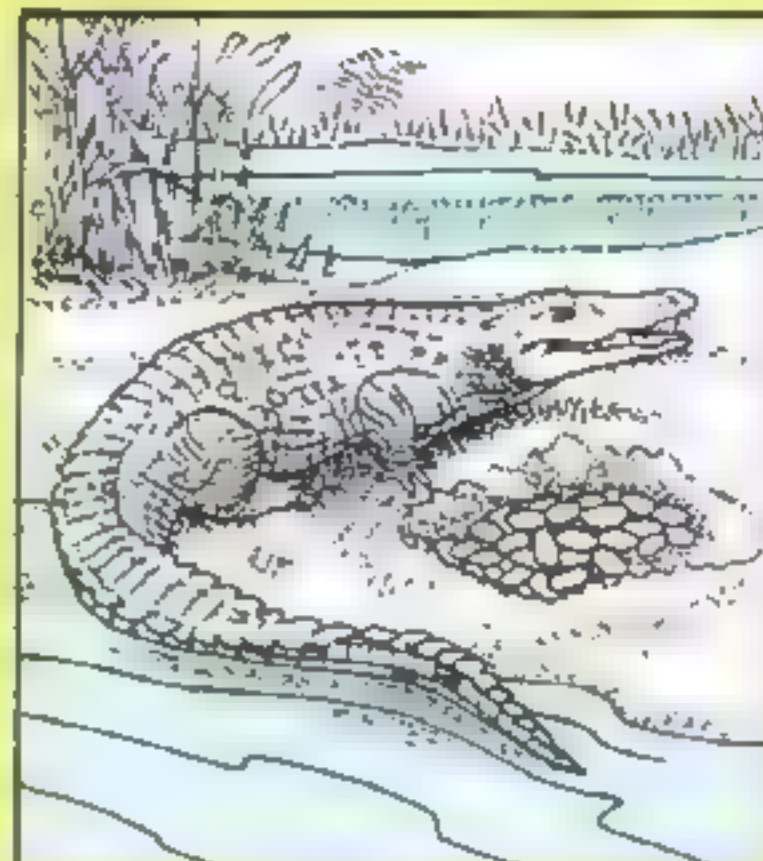
Los peces

tienen fertilización externa: el macho y la hembra vacan simultáneamente en el agua la lechaza y los huevos. Se mezclan y se unen el espermatozoide y el óvulo. El óvulo madura muy rápidamente y los alevines surgen en una fase temprana de desarrollo.



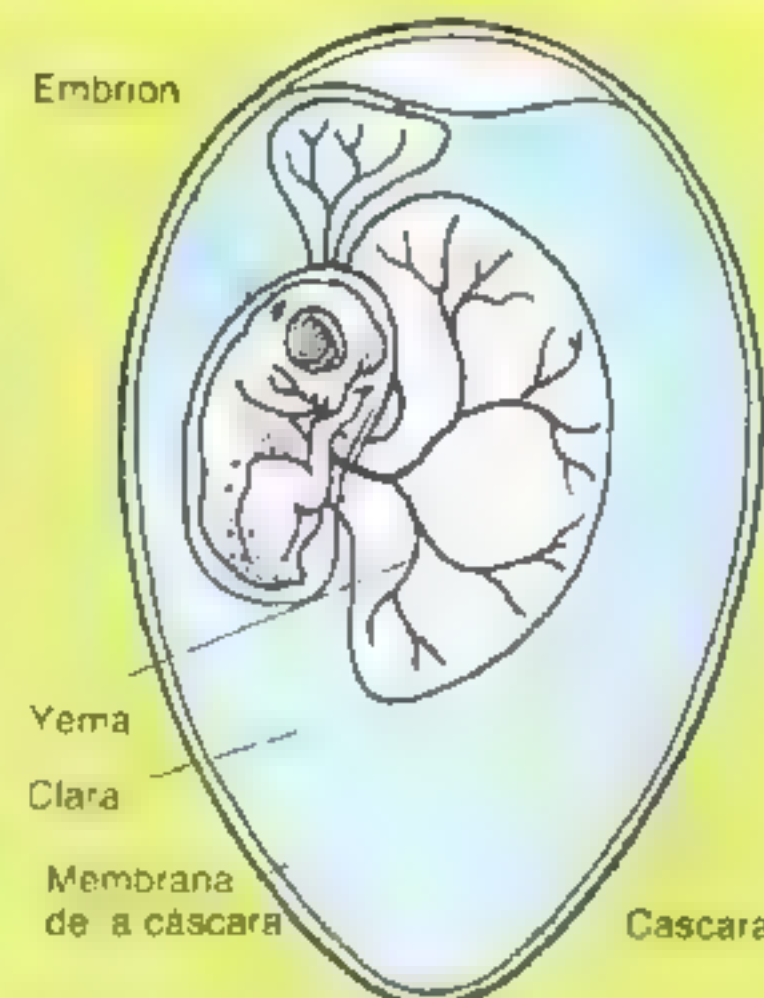
Los anfibios

han dado el primer paso a tierra, aunque el sistema reproductor sigue siendo el de los peces. Sin embargo, la posición de apareamiento en la que el macho se une a la hembra es un paso hacia la copula y la fertilización interna.



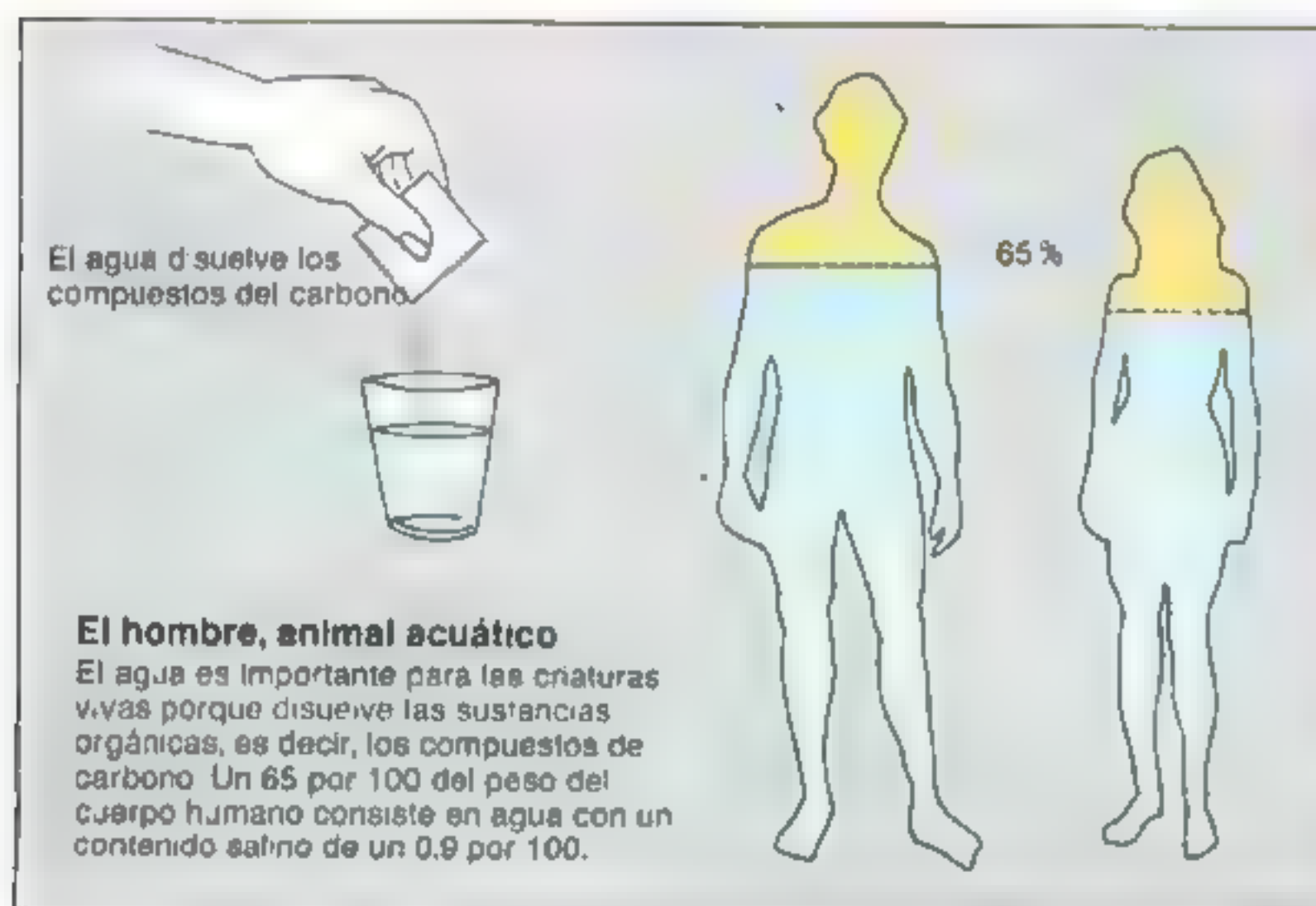
Los reptiles

presentan dos innovaciones. La copula hace que sea posible la fertilización fuera del agua. La cascara protectora de los huevos supone que éstos pueden depositarse en tierra y el embrión se puede desarrollar a mayor temperatura de la que sería posible en el agua.



El huevo de las aves

tiene una cascara rígida con una membrana que recubre el interior. El feto de los mamíferos (derecha) se desarrolla de forma similar al embrión de las aves aunque en aquellos el desarrollo tiene lugar en el útero.



El agua tiene un calor específico alto; hace falta mucha energía para convertir en vapor un litro de agua. Este calor puede recorrer largas distancias como calor latente en la humedad atmosférica, y liberarse de nuevo como calor en el aire cuando la humedad se condensa en nubes, lluvia o nieve. De esta forma, el agua desempeña un papel importante en la nivelación de las diferencias de temperatura.

El agua y la vida

El agua es importante para los organismos vivos por ser un disolvente eficaz y fácilmente accesible de los compuestos de carbono. La mayoría de las reacciones bioquímicas sólo se pueden producir en soluciones de agua. Esto significa que el agua puede transportar sustancias disueltas entre diferentes partes del cuerpo, como por ejemplo en la sangre, cuyo suero tiene una base de agua. Las funciones del agua en el organismo tienen su equivalente fuera de él. El agua que bebemos y con que nos lavamos es un disolvente, aunque también sirve para eliminar nuestros desechos.

La vida se originó en el agua. Para los organismos acuáticos el medio líquido es muy parecido tanto fuera como dentro de la célula y del embrión. Sin embargo, en la tierra, la fertilización y el desarrollo del feto requieren mecanismos diferentes. Los huevos de los reptiles y de las aves son como diminutos estanques de agua dentro de una cascara protectora que retiene el líquido al tiempo que admite el oxígeno. El feto de los mamíferos está suspendido en un mar interior de fluido que lo mantiene y lo protege. El agua es importante en todas las fases de desarrollo. Un adulto necesita entre 2,5 y 3 litros al día para sus procesos fisiológicos. Parte de este agua la obtenemos a través del alimento, el resto simplemente la bebemos.

El agua y la humanidad

Debido a su dependencia del agua, el hombre siempre ha intentado vivir cerca de ella, aunque no fuera más que un pozo de agua en el desierto. Inventaba rituales místicos de protección para la fuente de agua y reaccionaba con furia e incluso irracionalmente ante cualquier amenaza a sus reservas. En la Edad Media se justificaron algunas masacres de judíos porque se suponía que habían sido los causantes de la Peste Negra, envenenando los pozos. En los países industriales, la fuente del pueblo ha sido sustituida por tuberías que traen el agua a las casas y se llevan los residuos.

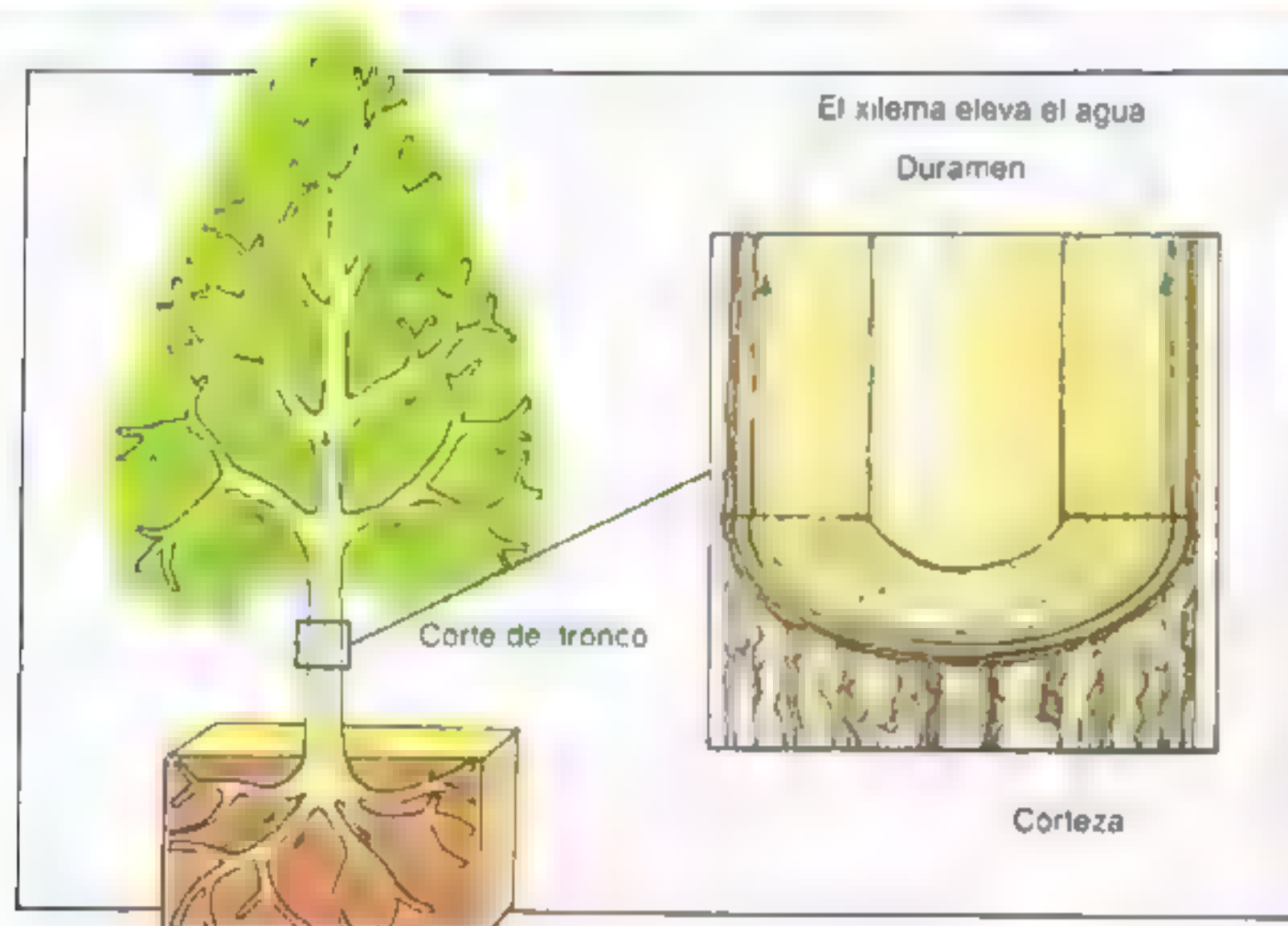
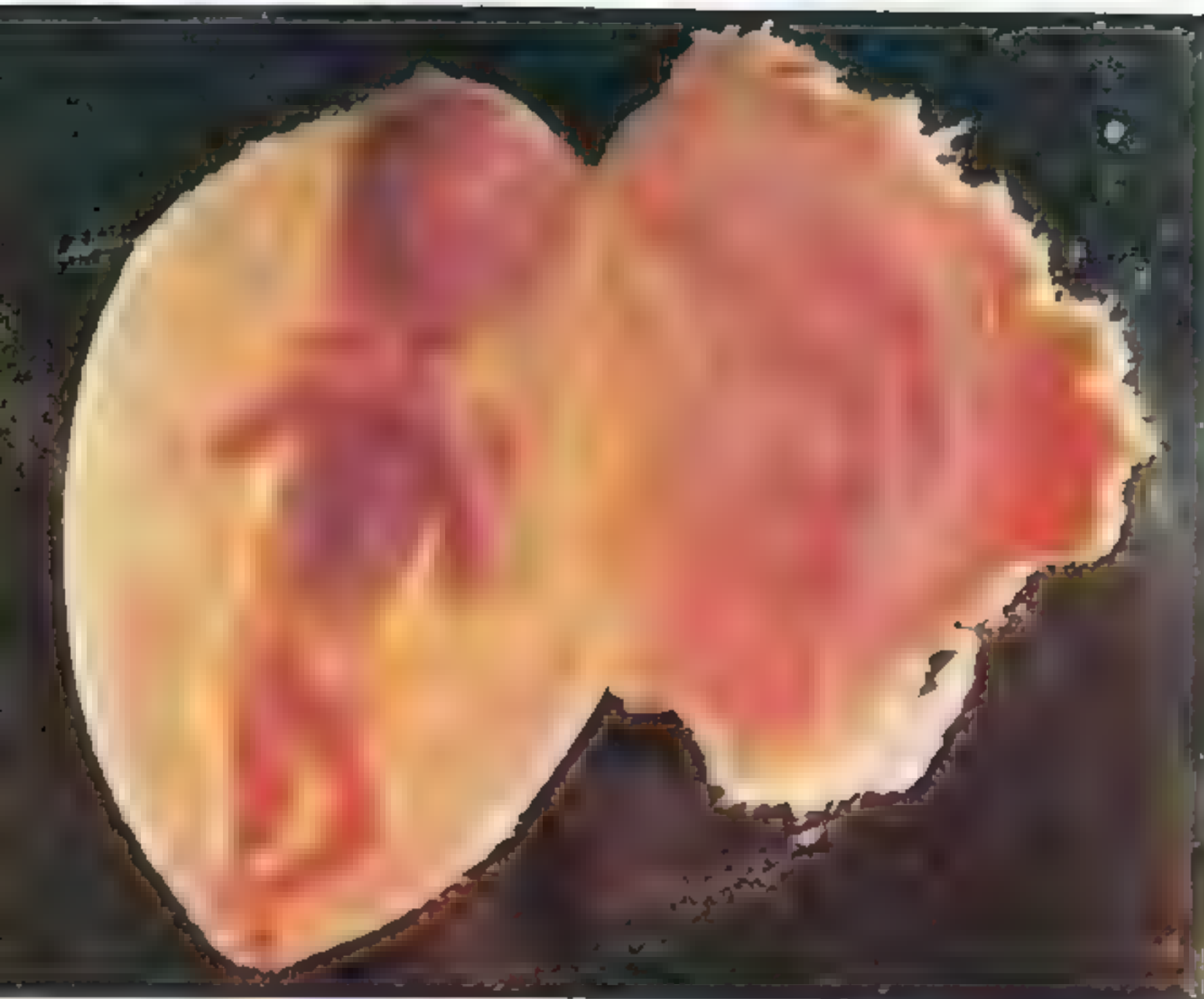
Casi todos nuestros problemas de agua proceden de la no separación de sus funciones principales; el agua sucia se mezcla con la pura. Las enfermedades transmitidas por el agua se extienden principalmente donde coinciden densas poblaciones y bajos niveles tecnológicos. Hoy día la mayoría de pueblos carecen de un abastecimiento adecuado de agua pura, a pesar de ser la necesidad más fundamental del hombre.

El agua es un compuesto simple de hidrógeno y oxígeno. Un químico que se tropezara con esta sustancia por primera vez se referiría a ella como óxido dihidrogenado. No obstante, tal término carecería de las agradables connotaciones que nos da la palabra «agua»: el líquido claro y puro que apaga la sed, nos refresca, nos limpia, mantiene el verdor de los bosques y los dorados trigales. El agua ha engendrado todas estas asociaciones por ser verdaderamente fuente de vida.

¿Cuáles son las características exclusivas que hacen del agua un elemento tan importante para todos los seres vivos?

Propiedades físicas

La temperatura media de la superficie de la Tierra es de aproximadamente $+2^{\circ}\text{C}$ y la temperatura del aire se suele mantener dentro de los 40°C por encima y por debajo. El punto de congelación del agua está, por tanto, justo por debajo de la temperatura media de la Tierra, mientras que el punto de ebullición está 98° por encima. Esto significa que el agua puede existir en forma líquida durante una gran parte del año en la mayor parte de la superficie terrestre, mientras que por otro lado, no hace tanto calor en ninguna parte para que el agua se gasifique, estado que sería incompatible con la vida. En nuestro planeta el agua existe en sus tres estados físicos: hielo, agua y vapor y puede estar presente simultáneamente en la atmósfera, en la hidrosfera, en la corteza de la Tierra y en los organismos vivos, cumpliendo funciones vitales.



El fluido vital

Las plantas vasculares (representadas por el árbol, arriba) fueron los primeros organismos que se adaptaron completamente a la vida en tierra. Un complejo sistema de transporte de fluidos eleva el agua desde las raíces del árbol hasta la copa que puede estar a 20-30 m del suelo. De esta forma, las células del tronco y hojas obtienen la humedad que necesitan. Es, no obstante, un sistema de vía única: el árbol transpira por sus hojas tanta humedad como absorbe por las raíces.

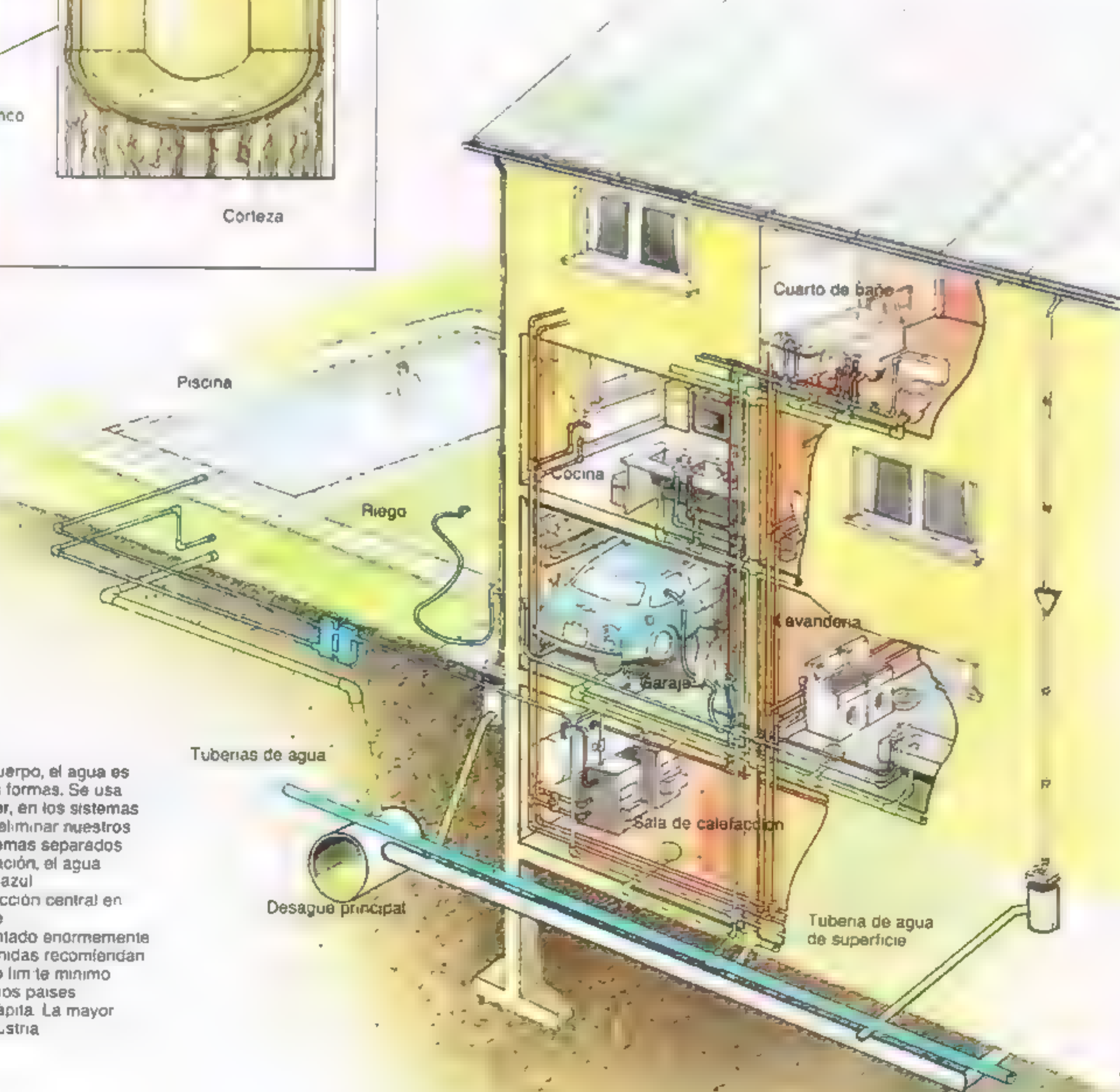
El consumo humano de agua

Aparte de las necesidades internas del cuerpo, el agua es esencial para el hombre de muchas otras formas. Se usa para limpieza y baño, para cocinar y beber, en los sistemas de calefacción central y, por último, para eliminar nuestros desechos. Un edificio moderno tiene sistemas separados para las diferentes funciones. En la ilustración, el agua corriente caliente y fría aparece en rojo y azul respectivamente, la del sistema de calefacción central en naranja y el sistema de desagüe en verde.

El consumo humano de agua ha aumentado enormemente en los cien últimos años. Las Naciones Unidas recomiendan 75 litros cada 24 horas por persona como límite mínimo para un nivel de agua aceptable, aunque los países industriales emplean 300-500 litros per cápita. La mayor parte no es consumo doméstico, sino industrial.

Nuestra agua de cada día

Un ser humano adulto necesita unos tres litros de agua al día para sobrevivir, descontando el agua para usos domésticos. Las mujeres de las regiones rurales de los países pobres dedican una gran parte de su día laboral a acarrear agua de pozos y ríos, agua que a menudo es insalubre.



El ciclo del agua



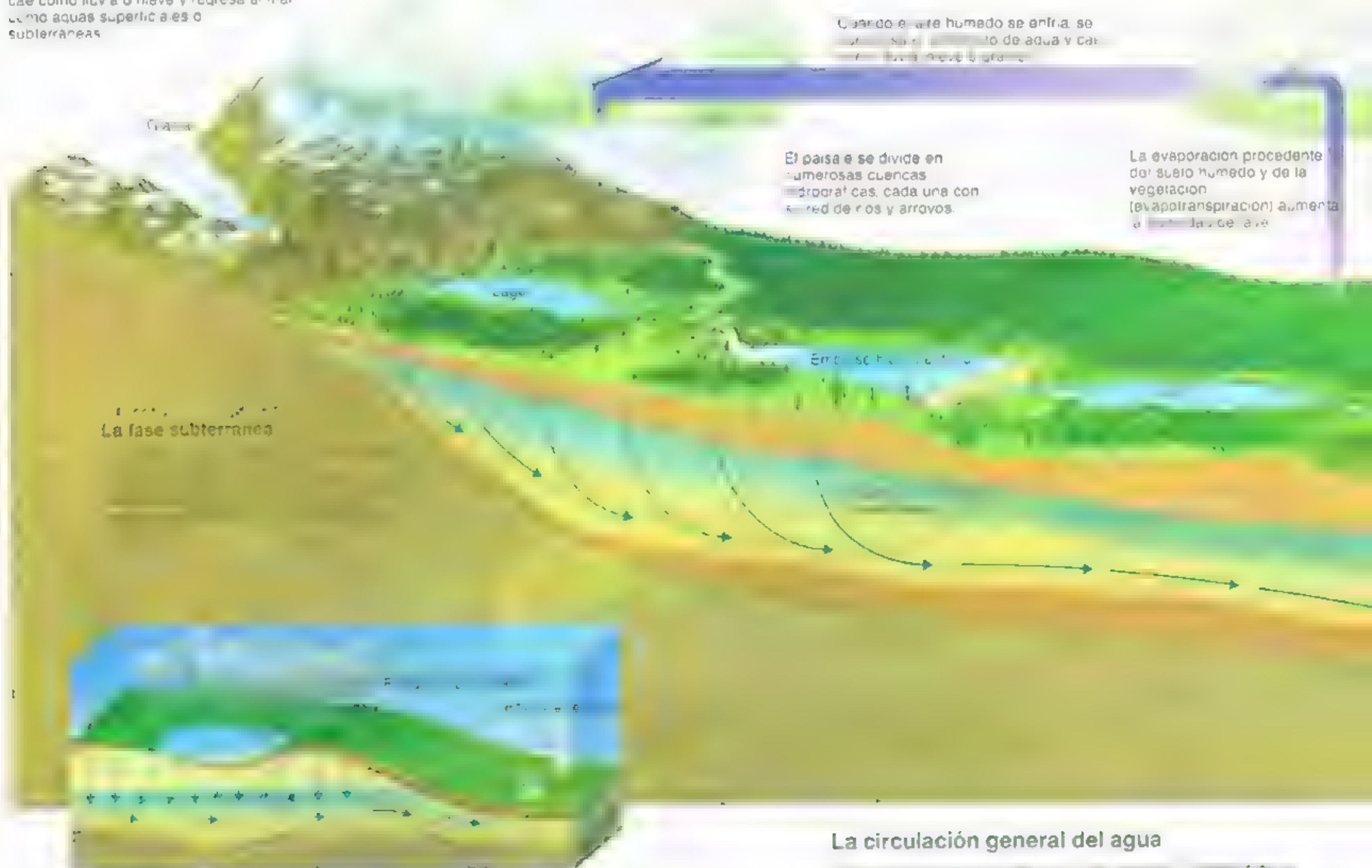
Agua, aire y suelo

En el ciclo hidrológico, el agua del mar se evapora y las masas de aire la llevan sobre los continentes. Posteriormente cae como lluvia o nieve y regresa al mar como aguas superficiales o subterráneas.

De acuerdo con nuestros conocimientos actuales, la Tierra es el único lugar del sistema solar en el que hay agua en sus tres formas: gaseosa (vapor de agua), líquida y sólida (hielo). En puntos más próximos o más alejados del Sol las temperaturas son o muy calurosas o demasiado frías para que exista agua en forma líquida. Ahora se cree que las aguas de la Tierra no formaban parte de la atmósfera primigenia, sino que fueron expulsadas del interior del planeta cuando la desintegración de los materiales radiactivos calentó los minerales fríos.

El agua es esencial para todas las formas de vida y su ausencia es un factor limitador para muchos tipos de vegetación. En el curso de un día de verano, un abedul consume 200-300 litros de agua, y muchos árboles tropicales necesitan aún más. La humedad regresa a la atmósfera por la transpiración de las superficies de las hojas. Al mismo tiempo, la vegetación desempeña también un papel importante en el ciclo hidrológico, disminuyendo la evaporación del suelo y protegiéndolo de la erosión. Las raíces superficiales y la densa vegetación del suelo forman innumerables barreras que frenan el agua corriente. La vegetación muerta absorbe humedad como si fuera papel secante. Una cubierta continua de vida vegetal, sobre todo bosque, equilibra el flujo de las aguas superficiales y con ello la cantidad de agua de ríos y lagos, contribuyendo también a aumentar la infiltración de agua al subsuelo.

La mayor parte del agua de la Tierra es salada. Se cree que la sal procede de la meteorización de las rocas continentales. El



El agua subterránea

El agua subterránea es el agua que se encuentra en el subsuelo, en las grietas y huecos de las rocas y en los espacios entre los granos de las arenas y arcillas.

El agua subterránea puede ser dulce o salada, dependiendo de la zona en la que se encuentre. En las zonas costeras, el agua subterránea puede ser salada debido a la intrusión del agua del mar.

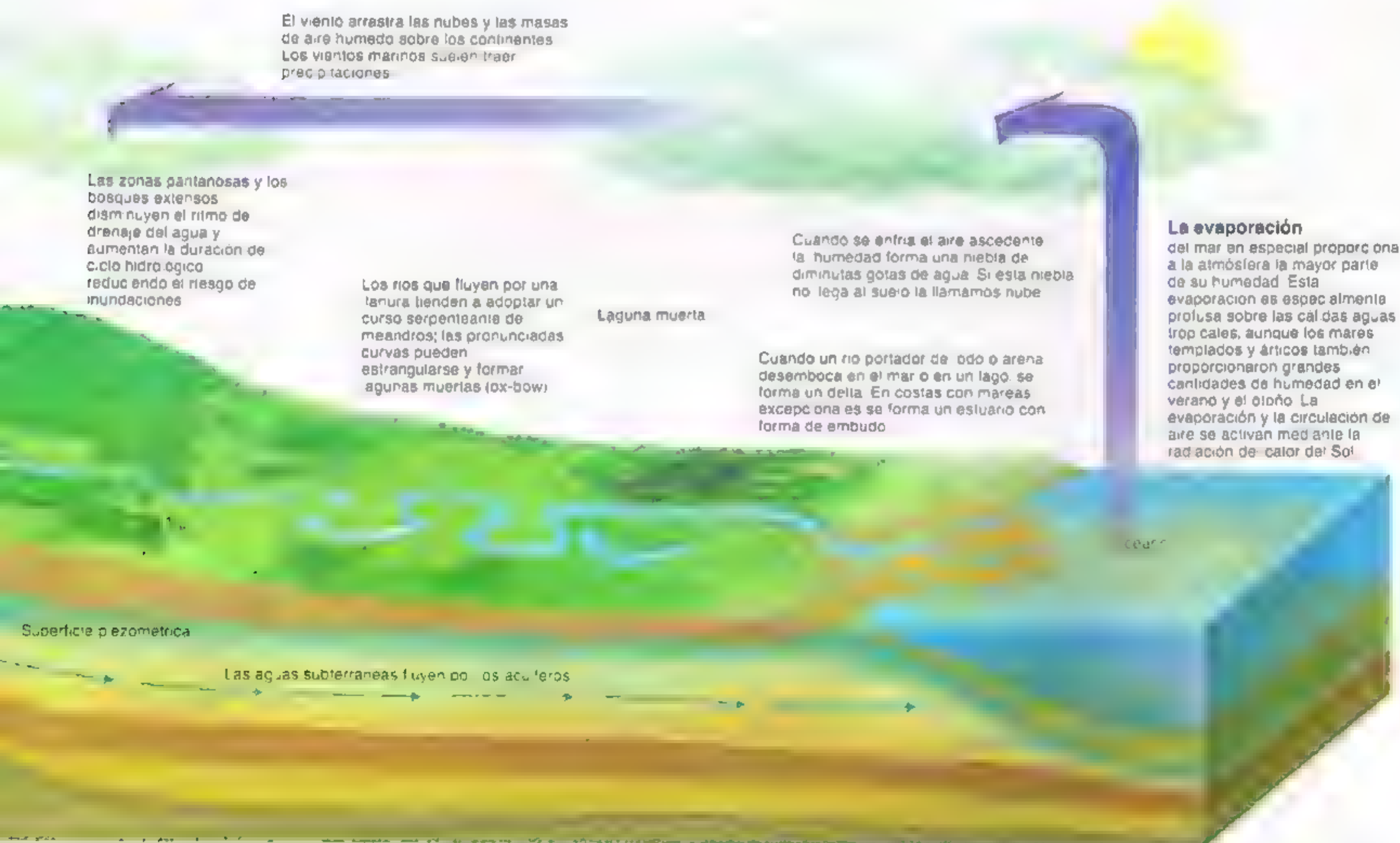
La circulación general del agua

El ciclo del agua es un proceso continuo que se repite constantemente. El agua se evapora del océano y de la tierra, se condensa en nubes y cae como lluvia o nieve. El agua que cae sobre la tierra puede correr por la superficie hacia los ríos y el océano, o infiltrarse en el suelo para convertirse en agua subterránea.

agua dulce puede ser igualmente inservible para plantas y animales por un contenido excesivo de lodo y otras impurezas. Consecuentemente, el agua pura puede ser una materia prima muy valiosa. Durante la mayor parte del año no llega ni una sola gota del río Colorado al Océano Pacífico. Se aprovecha toda para regadíos y usos industriales, siendo distribuida mediante un sistema de derechos de agua que da trabajo permanente a los abogados.

Los depósitos de aluvión de los ríos crearon fértiles llanuras en las que surgieron las primeras civilizaciones: en Mesopotamia y Egipto, a lo largo del Indo y en China. El Amarillo, que en su cuenca alta atraviesa terreno de loess, mueve un 10 por 100 de todo el limo de aluvión del mundo y su corriente parece más lodo líquido que agua. En la cuenca baja, este limo se deposita en el lecho del río, elevándolo. Esto ha hecho que se desbordara el Amarillo en varias ocasiones, produciendo inundaciones devastadoras. El limo que no se deposita y llega a la costa ha dado el nombre al Mar Amarillo.

Casi toda el agua dulce es agua subterránea y la mayor parte del movimiento total de agua dulce desde los puntos de captura de lluvia al mar se da probablemente bajo tierra. El ciclo normal del agua subterránea puede calcularse en años o como mucho en unos pocos siglos. Sin embargo, debajo del Sahara hay una capa de agua «fósil», que se encuentra allí desde las lluvias de la última glaciación y que lleva decenas de miles de años dirigiéndose hacia el mar. El hombre ha descubierto la presencia de esta enorme reserva de agua y ha empezado a aprovecharla muy recientemente.



Acuíferos

La mayor parte del agua dulce de nuestro planeta se encuentra en los estratos subterráneos saturados por el agua que fluye lentamente por ellos. Arenas, gravas y areniscas porosas y limos pueden contener grandes cantidades de agua.

Estratos impermeables

Ciertas arcillas pueden impedir que el agua subterránea llegue a niveles inferiores o a la superficie si las capas de arcilla se encuentran sobre el nivel freático.

El ciclo se cierra

Tanto las aguas superficiales como las aguas subterráneas suelen regresar al mar tras periodos que van de unos días para las aguas de superficie a siglos para las subterráneas. Sin embargo, existen cuencas que no tienen salida al mar. Aquí las aguas de superficie se evaporan en los lagos salados o de sodio que se forman en los niveles inferiores de estas cuencas.

El reino de los hielos



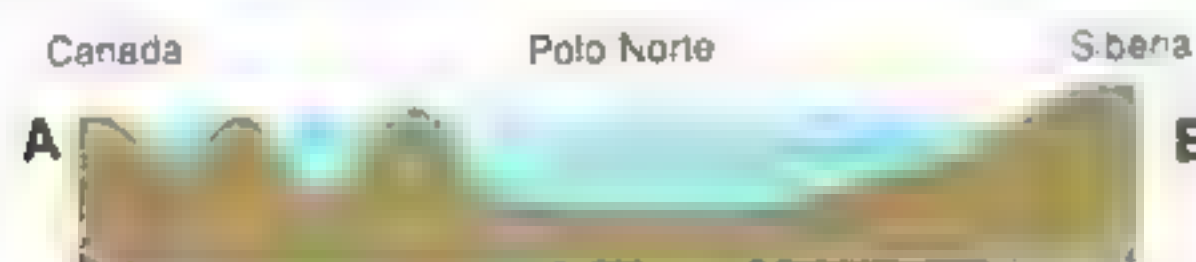
Varias épocas glaciales

En los últimos miles de millones de años ha habido varias épocas glaciales. La más reciente ha dado lugar hasta ahora a cuatro glaciaciones principales separadas por periodos interglaciales mas suaves.

Durante la última glaciación, a mayor parte del norte de Europa estaba cubierta de hielo, al igual que los países alpinos. América del Norte estaba también cubierta parcialmente.

Un mar helado

El mar en torno al Polo Norte está casi siempre cubierto de hielo, hasta en verano.



La Tierra tiene dos extensas regiones cubiertas de hielo: la región ártica en torno al Polo Norte y la región antártica en torno al Polo Sur. En estas latitudes extremas el sol apenas se eleva por encima del horizonte y da poco calor. Las regiones heladas también tienen sus avanzadillas hacia el Ecuador; se pueden formar glaciares en lugares con suficientes precipitaciones y con suficiente altura sobre el nivel del mar para mantener la temperatura bajo el punto de congelación.

La Tierra no ha tenido siempre estos dos casquetes de hielo. Cuando cae la nieve sobre el mar abierto los copos se deshacen instantáneamente. En un planeta en el que más del 70 por 100 de la superficie está cubierta de agua, los Polos han estado siempre cerca de zonas marinas, por lo que no se podía formar hielo. Los hielos polares sólo pueden formarse si se dan dos condiciones: o bien el Polo está sobre un continente o bien en una cuenca marina cerrada que contrarresta el intercambio de agua con los mares cálidos y permite la formación de masas de hielo. Nuestra actual época geológica es anómala por darse ambas condiciones, en el Polo Sur y en el Polo Norte respectivamente. El resultado es una época glacial en ambos hemisferios, aunque tenemos la buena

fortuna de hallarnos en uno de sus periodos interglaciales más suaves. Al parecer, la mayor parte de las anteriores épocas glaciales de la Tierra afectaron sólo a un hemisferio. La actual era glacial durará hasta que la deriva continental abra el océano Ártico a las corrientes cálidas del sur y aleje al continente antártico del Polo Sur.

Entre los Polos, los cálidos trópicos y las frías regiones polares crean un gigantesco motor térmico en el que los cinturones ecuatoriales son las calderas y las regiones polares hacen de sistema de refrigeración. Este motor impulsa la circulación general del aire que transporta enormes cantidades de aire alrededor del mundo. Es decir, el clima y el tiempo lo determinan en gran medida las regiones polares. Las corrientes oceánicas también transportan hielo de las regiones polares, influyendo en los climas locales.

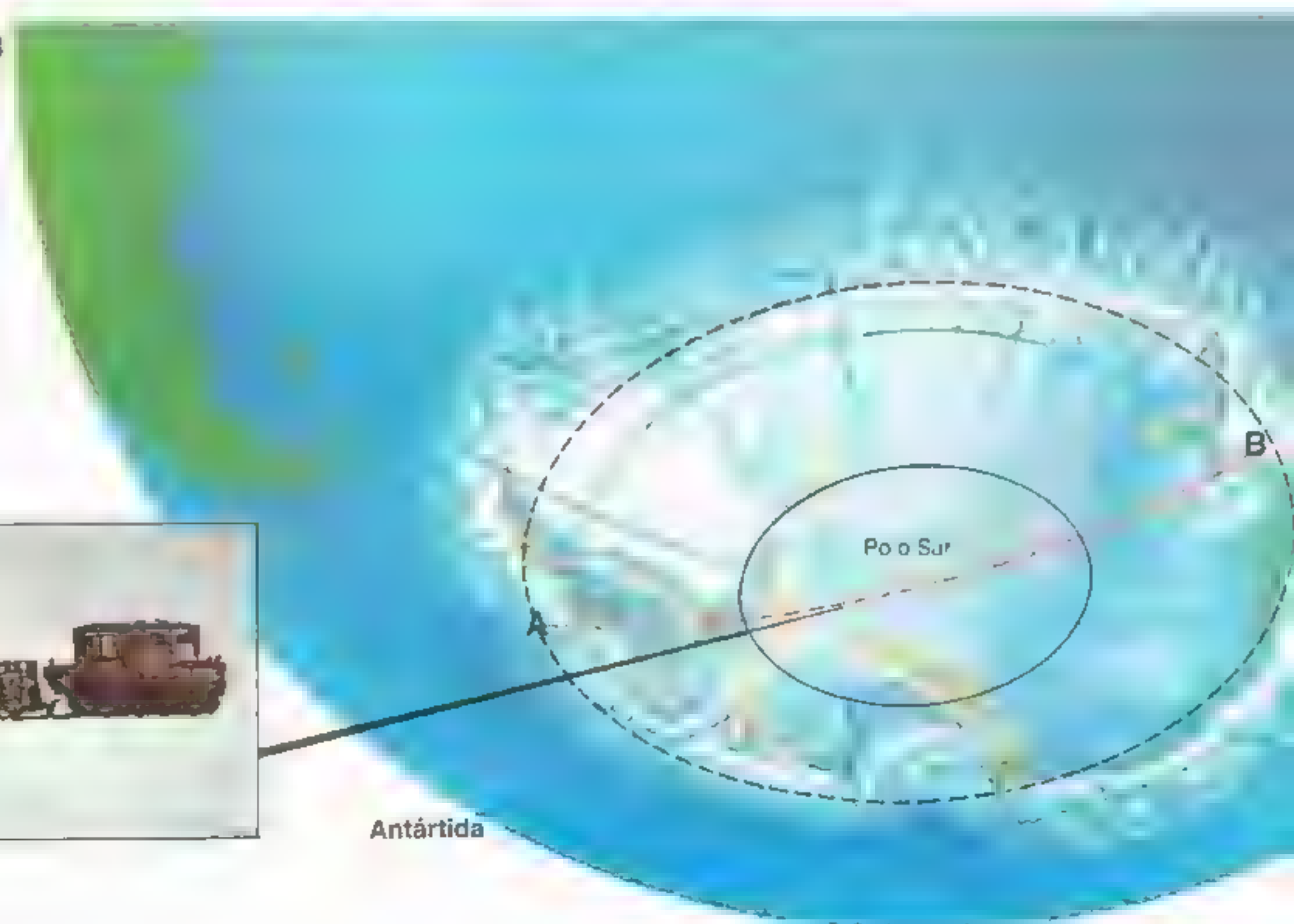
El hombre llegó al Ártico al final de la última era glacial, aunque no ha logrado penetrar en la Antártida hasta este siglo. En ambos lugares, la búsqueda de recursos naturales en nuestra época se ha convertido en una grave amenaza al delicado equilibrio de los medios polares.

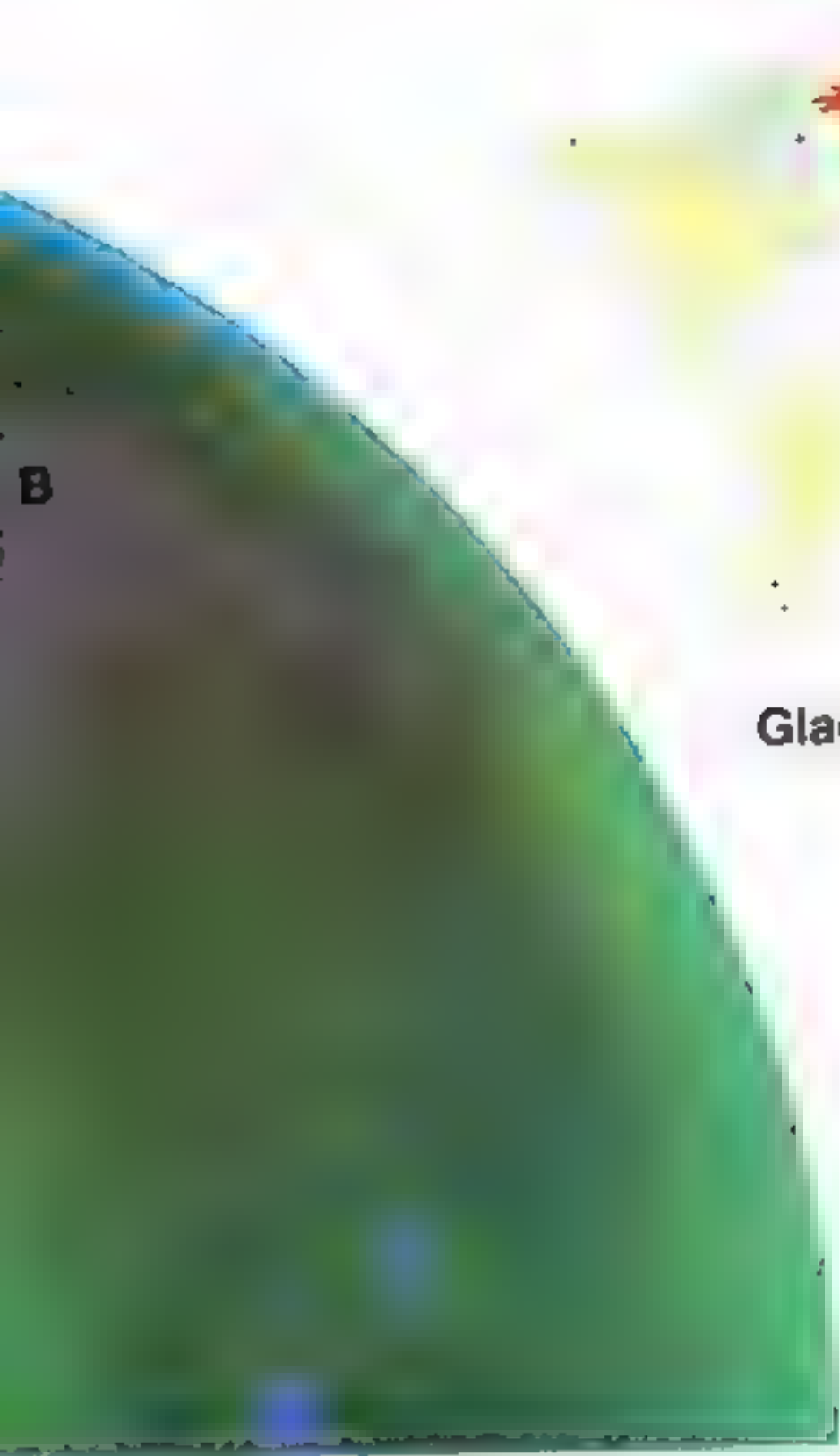


Un continente helado

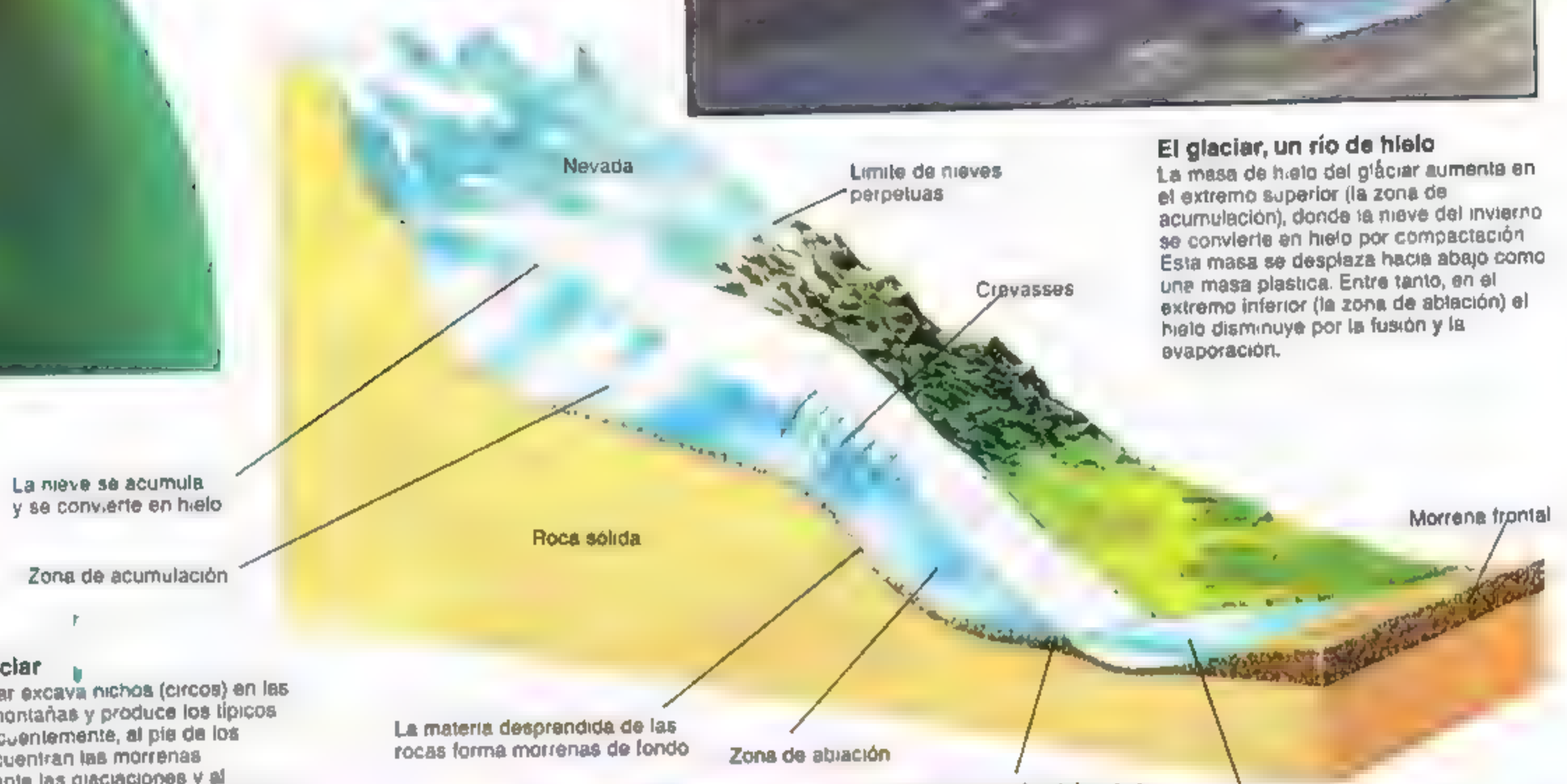
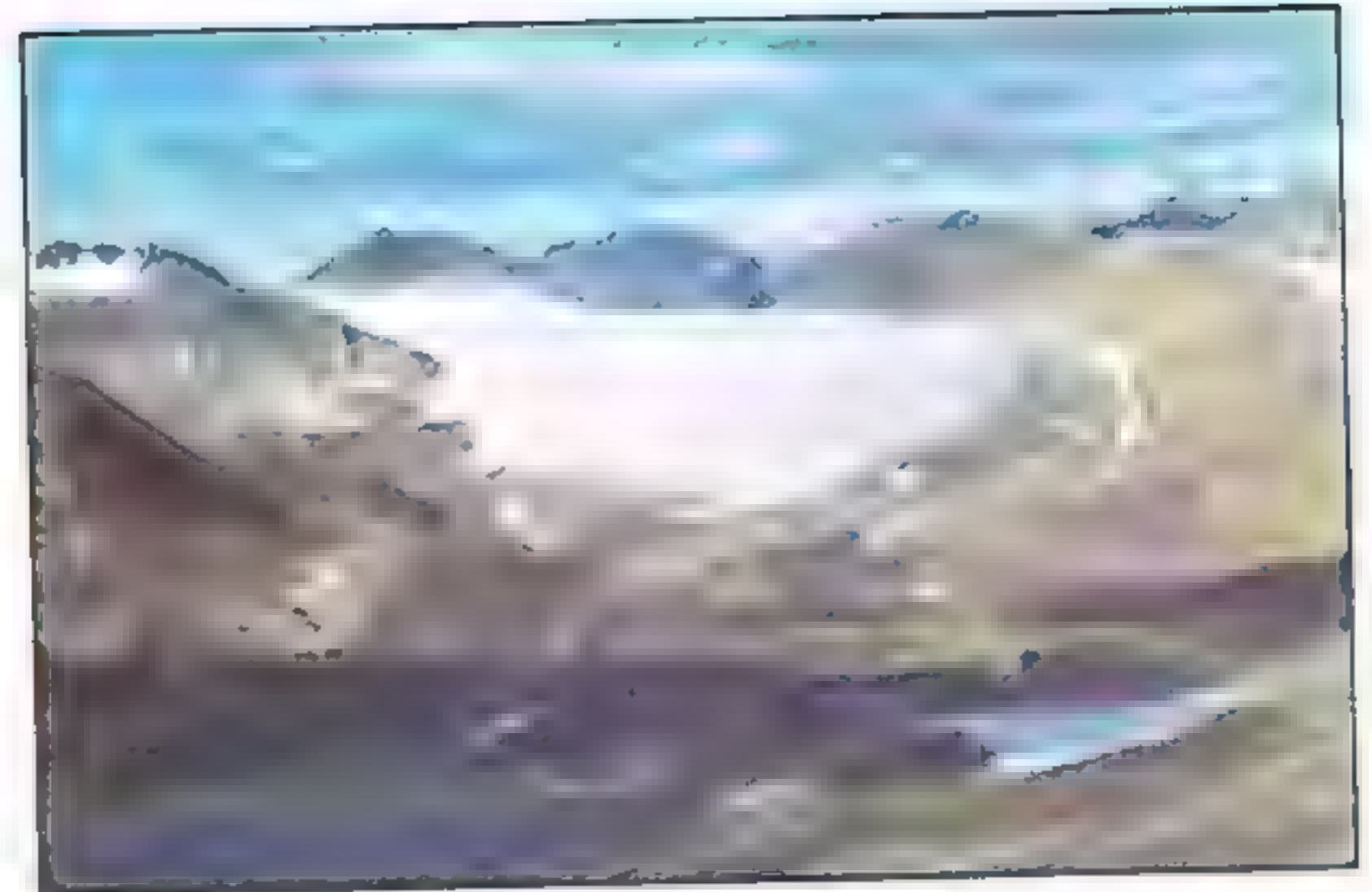
El continente del Polo Sur es una extensa masa de tierra debajo de un casquete glacial de un espesor de hasta 4 km y rodeado de bancos de hielo y de una plataforma de hielo continuo.

El intenso frío, los fuertes vientos, la noche polar invernal y las peligrosas fisuras convierten los desplazamientos en esta zona en físicamente agotadores y peligrosos. No obstante, resultan ahora algo mas fáciles gracias a los modernos vehículos oruga y al abastecimiento aéreo.





Glaciares y casquetes glaciares



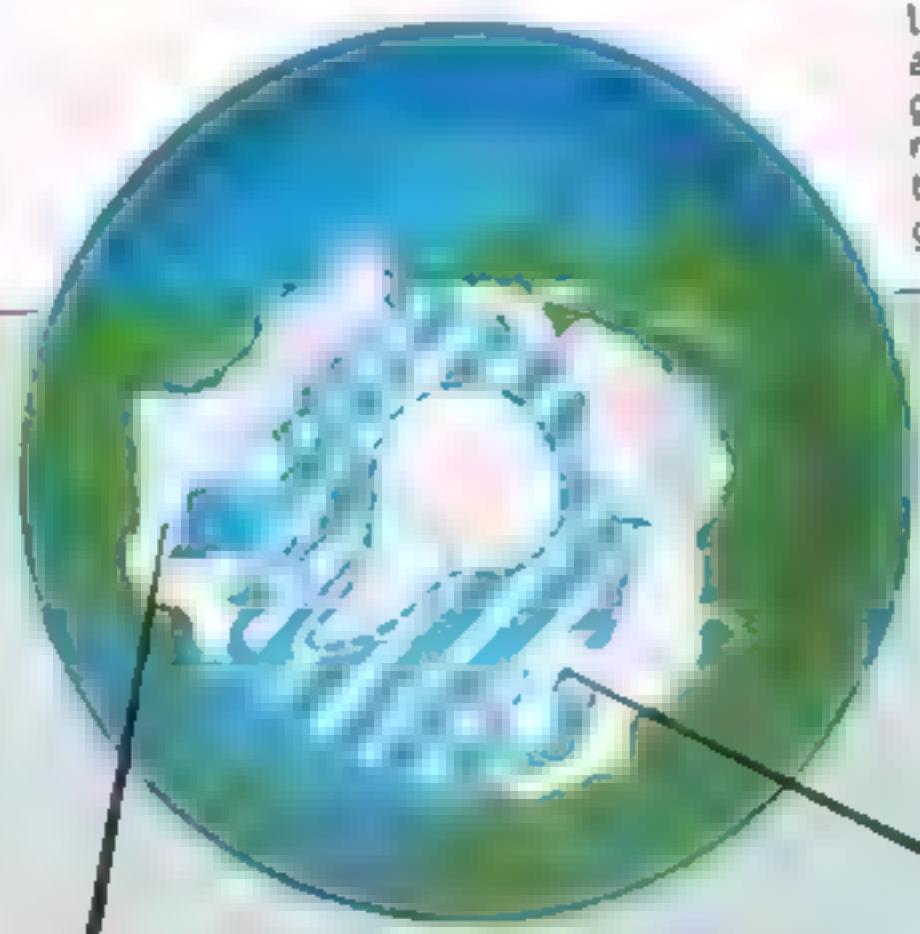
El glaciar, un río de hielo

La masa de hielo del glaciar aumenta en el extremo superior (la zona de acumulación), donde la nieve del invierno se convierte en hielo por compactación. Esta masa se desplaza hacia abajo como una masa plástica. Entre tanto, en el extremo inferior (la zona de ablación) el hielo disminuye por la fusión y la evaporación.

El paisaje glaciar

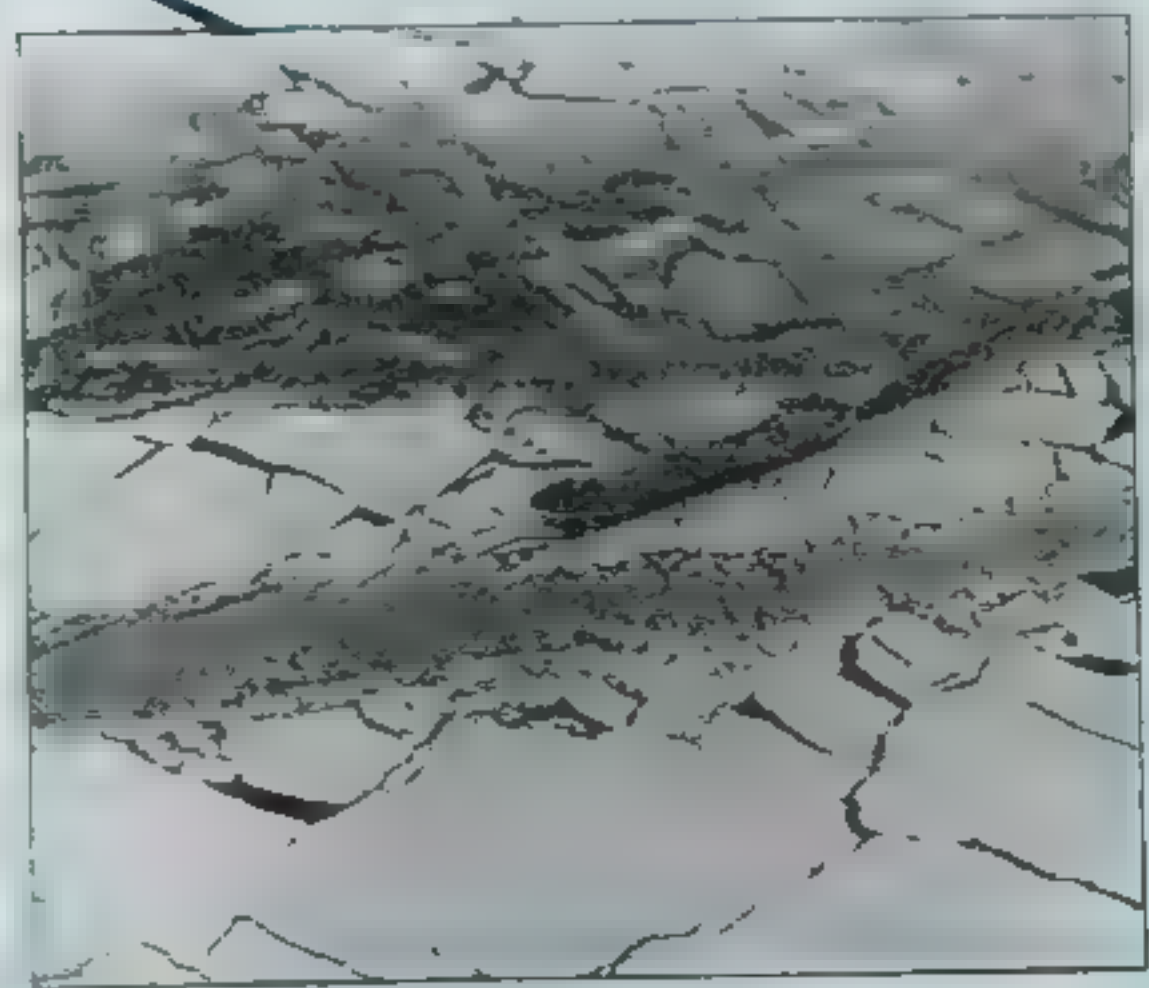
La erosión glaciar excava nichos (circos) en las laderas de las montañas y produce los típicos valles en U. Frecuentemente, al pie de los glaciares se encuentran las morrenas terminales. Durante las glaciaciones y al fundirse el hielo terrestre, se formaron paisajes glaciares similares aunque mayores.

El casquete glacial de la Antártida contiene enormes cantidades de agua. Si se fundiera, el nivel del mar se elevaría varias decenas de metros en todo el mundo.



Ciclos anuales de frío

La capa de hielo (banquisa) de la región polar septentrional aumenta todos los inviernos. En el verano, el hielo obstaculiza la navegación marítima en las costas de Siberia y hay que utilizar rompehielos. En invierno llega más al sur, hasta el Mar Báltico. Los frentes fríos y las ventiscas provocan el caos casi todos los inviernos en Europa y Estados Unidos, dejando a los conductores atascados entre la nieve.



Las aguas de la Antártida a partir de los 40° S («los rugientes cuarenta») hacia el sur son de las más agitadas del mundo. Las olas se agitan libres por todo el continente.

Los océanos

Vista desde el espacio, la Tierra es un planeta oceánico al que se le podría haber dado con más propiedad el nombre de agua, ya que el 71 por 100 de su área está cubierta de mares. Los mares profundos constituyen el 55 por 100 de la superficie de la Tierra.

Los lechos de los mares profundos y su geología específica han estado fuera de nuestro alcance hasta bien entrado el siglo actual. Tras la Segunda Guerra Mundial, cuando se iniciaron los estudios, los descubrimientos provocaron una revolución científica. La corteza oceánica no es, como se creía anteriormente, una de las formaciones geológicas más antiguas de la Tierra; por el contrario, es de las más recientes. En ningún punto tiene más de 200 millones de años de antigüedad, mientras que las rocas continentales más antiguas que se conocen tienen casi 4.000 millones de años de antigüedad. La corteza oceánica no es especialmente antigua por estar continuamente deshaciéndose y renovándose.

Al estudio científico de los océanos de la Tierra se le denomina oceanografía. En el siglo XVII, marinos y geógrafos intentaron realizar mapas de las corrientes oceánicas, tarea dificultada por su carencia de instrumentos para una exacta navegación. Las investigaciones oceánicas en el moderno sentido del término no comenzaron hasta el siglo XIX. Al no poderse llegar al fondo marino, las investigaciones se dirigían principalmente a la biología

marina, aunque también se realizaron importantes descubrimientos geofísicos y geológicos. Uno de los primeros fue la teoría de Darwin sobre el origen de los atolones: las islas se hunden en el mar, pero los pólipos de coral, que sólo pueden vivir cerca de la superficie, tienden a estar continuamente levantando sus arrecifes hacia la superficie. Las observaciones de Darwin sobre los orígenes de las nuevas especies en islas oceánicas aisladas le proporcionaron el material para su teoría de la evolución mediante selección natural. Así, el estudio de los océanos ha producido no una sino dos revoluciones científicas, una en biología y otra en geofísica.

Ahora conocemos bien los rasgos básicos de la topografía del fondo oceánico y estamos averiguando más sobre la sedimentación y los tipos de roca. La investigación oceánica no es aún una ciencia completa ni mucho menos. Las nuevas tecnologías, especialmente las espaciales, están constantemente aportándonos nuevos conocimientos. Desde los satélites podemos ahora no sólo registrar los fondos marinos mediante la gravimetría (la medición de las fuerzas de gravedad que ejercen las rocas y los sedimentos del fondo del océano), sino que también podemos medir el contenido de fitoplancton del agua. No hay duda de que en las profundidades de los océanos nos aguardan muchas sorpresas.

El relieve oceánico



El relieve oceánico

Los mares periféricos situados sobre las plataformas continentales no suelen tener más de 200 m de profundidad. Estas aguas suelen contener abundante pesca, y en ellas se extrae petróleo y gas.

Aguas superficiales y profundas

Esta fotografía espacial tomada sobre las Bermudas muestra el contraste entre las luminosas aguas superficiales de color turquesa situadas sobre la plataforma y el azul oscuro del mar profundo. El abrupto cambio que se produce a lo largo del talud continental solo puede apreciarse en este tipo de aguas claras tropicales.

Los taludes continentales

son los verdaderos límites de los continentes. Generalmente, por encima y por debajo de estos taludes se encuentran extensos techos de sedimentación.

Un guyot

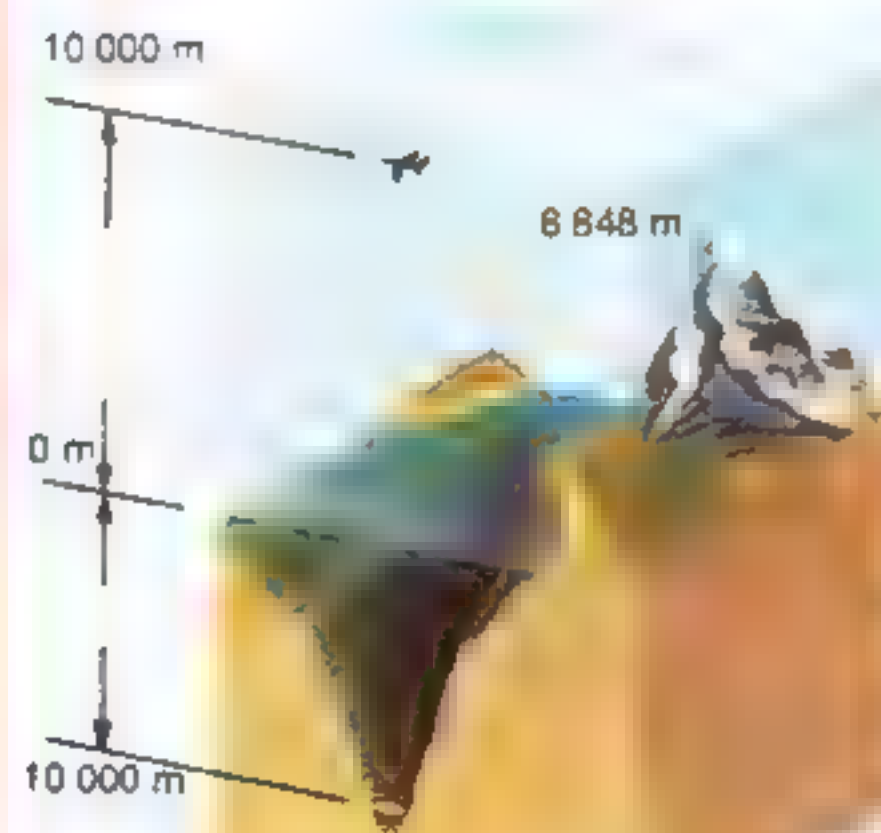
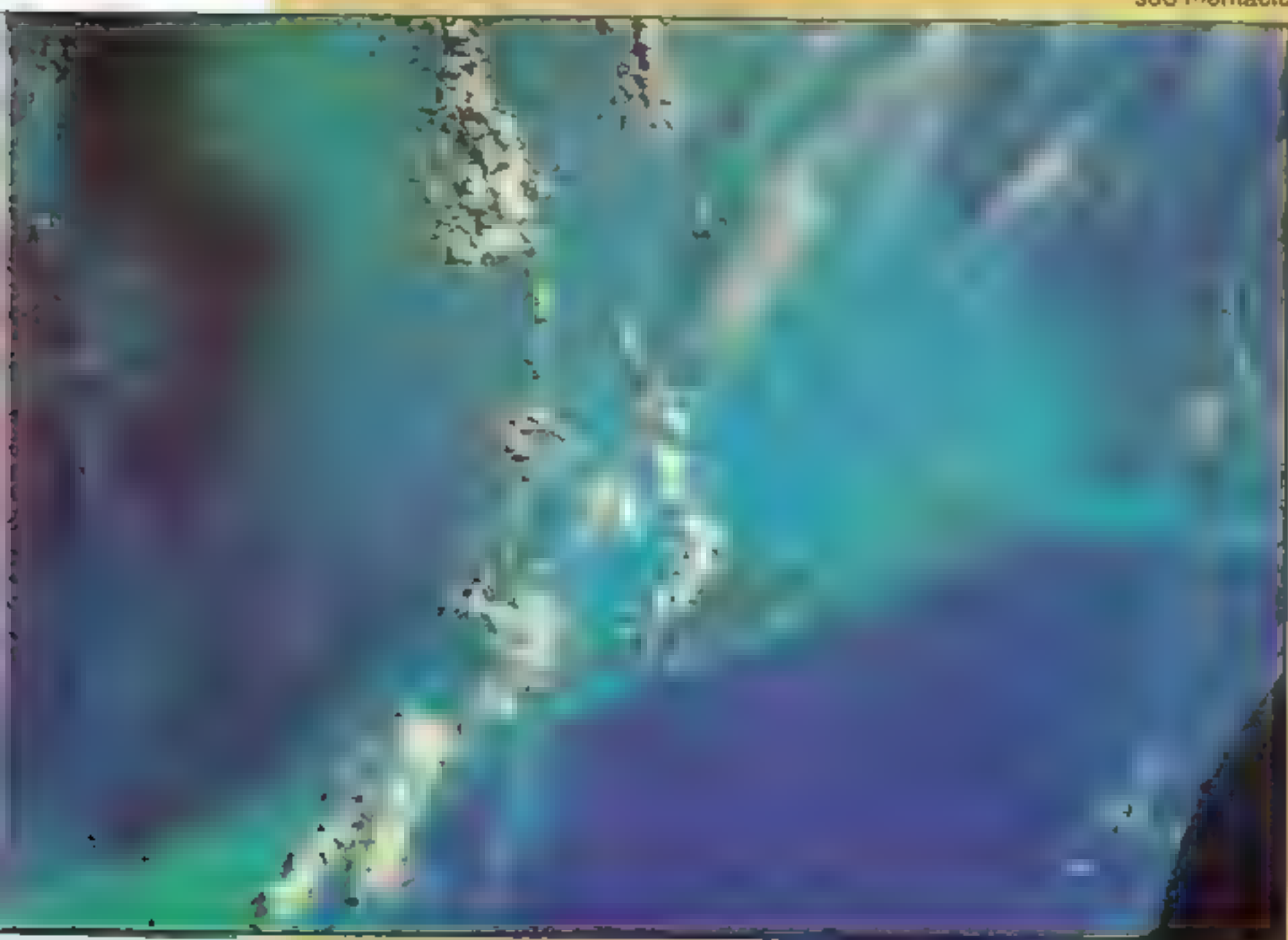
es un atolón sumergido, una montaña submarina con cima plana.

Las cuencas oceánicas

se hunden con el paso del tiempo y adquieren una capa de sedimentos, a menudo de origen biológico, cada vez más extensa.

Las islas volcánicas

pueden tener mayor altura sobre el fondo marino que el Everest sobre el nivel del mar. En el fondo marino puede haber 20.000 volcanes.

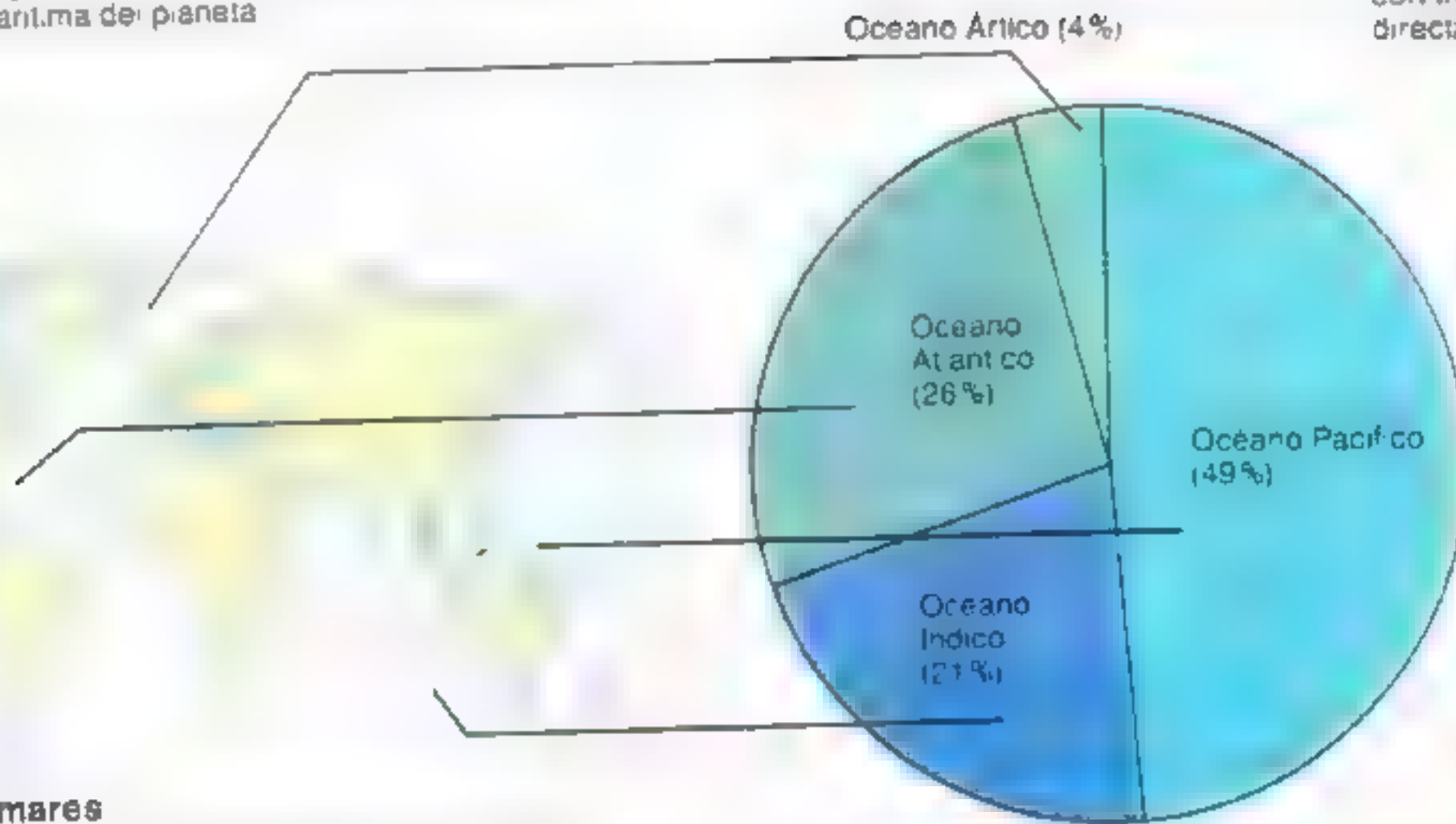


Alturas y profundidades

Varias fosas oceánicas sobrepasan los 10.000 m de profundidad. Los reactores de pasajeros suelen volar a una altura de 10.000 m y la cumbre del Everest está solo a 8.848 m. Los océanos tienen, pues, el «récord de relieve» de nuestro planeta, algo quizá lógico si se tiene en cuenta que ocupan la mayor parte del mismo.

Los cuatro océanos

Los océanos y la proporción que cada uno ocupa de la superficie marítima del planeta



Los siete mares

son en realidad cuatro: el Océano Pacífico, el Índico, el Atlántico y el Ártico. El resto son mares periféricos: mares interiores o brazos del océano que se incluyen en los cuatro océanos principales.

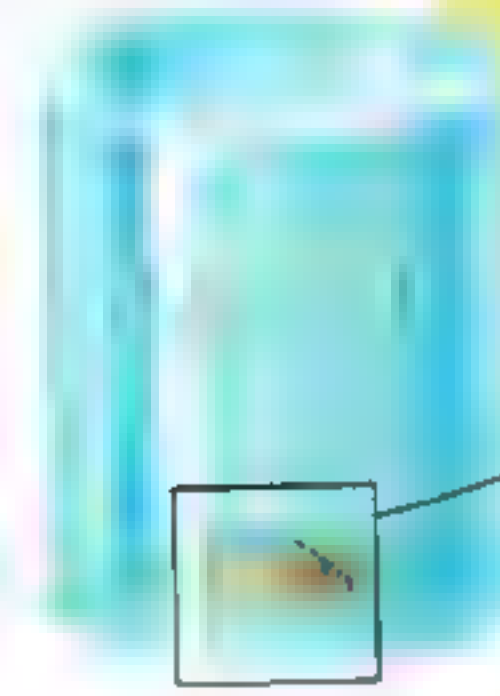
El agua como mineral

El agua de mar contiene, entre otras cosas, sales de magnesio, por lo que con frecuencia se extrae el magnesio directamente del agua.

18% de otras sales

14% de $MgCl_2$

68% de $NaCl$ (sal de mesa)



Un litro de agua de mar contiene un promedio de 35 g de sal. La salinidad es del 35 por 100.

¿Por qué es salada la mar?

Prácticamente toda el agua de la Tierra es salada. Gran parte de la sal de los océanos procede de los continentes: tras miles de millones de años de lixiviación, aunque en los últimos millones de años ha variado la salinidad.

En las profundidades

La fosa de las Marianas en el Pacífico tiene más de 11 000 m de profundidad. La profundidad media del océano es de aproximadamente 3 600 m.

Las dorsales centro-oceánicas

tienen diversas alturas. Son las líneas en las que se forma la nueva corteza oceánica, y en ellas hay una frecuente actividad volcánica y sísmica; el fondo marino joven, aún no recubierto de sedimentos, suele estar formado por «lava almohadillada». Las zonas transversales de fisura se extienden hacia el exterior de las dorsales.

Los atolones

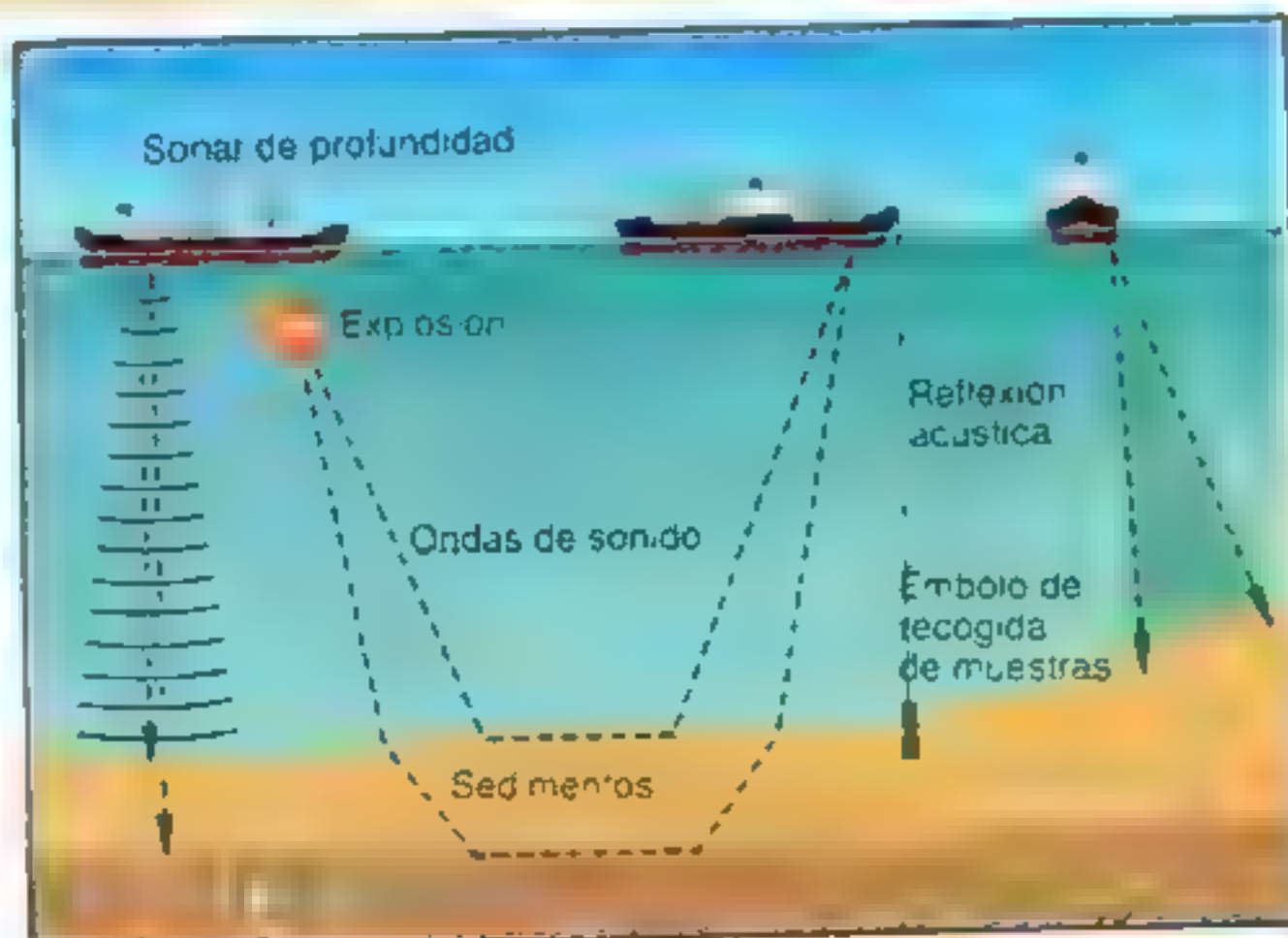
están en constante creación; los levantan los pólipos de coral, que suelen vivir principalmente en el lado del mar abierto.

Las fosas oceánicas

son los puntos donde se rompe la corteza oceánica, deslizándose bajo la placa adyacente y fundiéndose a grandes profundidades con el manto de la Tierra.

Estudio de las profundidades

El sonar de profundidad refleja las ondas de sonido en el fondo marino y en los estratos sedimentarios. Los estudios sísmicos con la ayuda de explosivos penetran aún más en estos estratos, mientras que el embolo de recogida extrae muestras de los sedimentos. Las ecosondas se emplean para levantar mapas del relieve del fondo marino aunque un estudio detallado suele requerir el empleo de buzos o minisubmarinos.



El poder del mar

Si presenciáramos una tempestad desde una costa rocosa, podemos apreciar la enorme energía contenida en el mar. Sus movimientos, las olas y las corrientes, representan la energía solar transformada principalmente por los vientos de la atmósfera.

La atmósfera y el mar

La interacción entre aire y agua es compleja. Un ejemplo son las corrientes oceánicas aparentemente simples, impulsadas por el viento. Sobre la superficie se produce una corriente de agua en el sentido del viento, como parecería lógico. Sin embargo, según aumenta la profundidad, la rotación de la Tierra desvía la corriente de tal manera que, a una profundidad de 100 m, se mueve en sentido contrario al viento. La corriente neta o media se mueve en ángulo recto con relación al sentido del viento, a la derecha en el hemisferio norte y a la izquierda en el sur. Las corrientes normales de superficie se mueven a una media de unos pocos kilómetros cada 24 horas.

Entre la atmósfera y el mar se da también un intercambio químico, principalmente de dióxido de carbono y oxígeno, estabilizando el contenido de estos gases en el aire y en el mar. Este intercambio de gases se produce principalmente mediante la difusión, el intercambio directo de átomos. El viento aviva también

los aerosoles formados por diminutas gotas de agua casi invisibles con sales en disolución. Cuando el agua se evapora, el viento arrastra los cristales de sal que sirven como núcleos de condensación en torno a los cuales se forman gotas mayores que dan lugar a nieblas, nubes y lluvia.

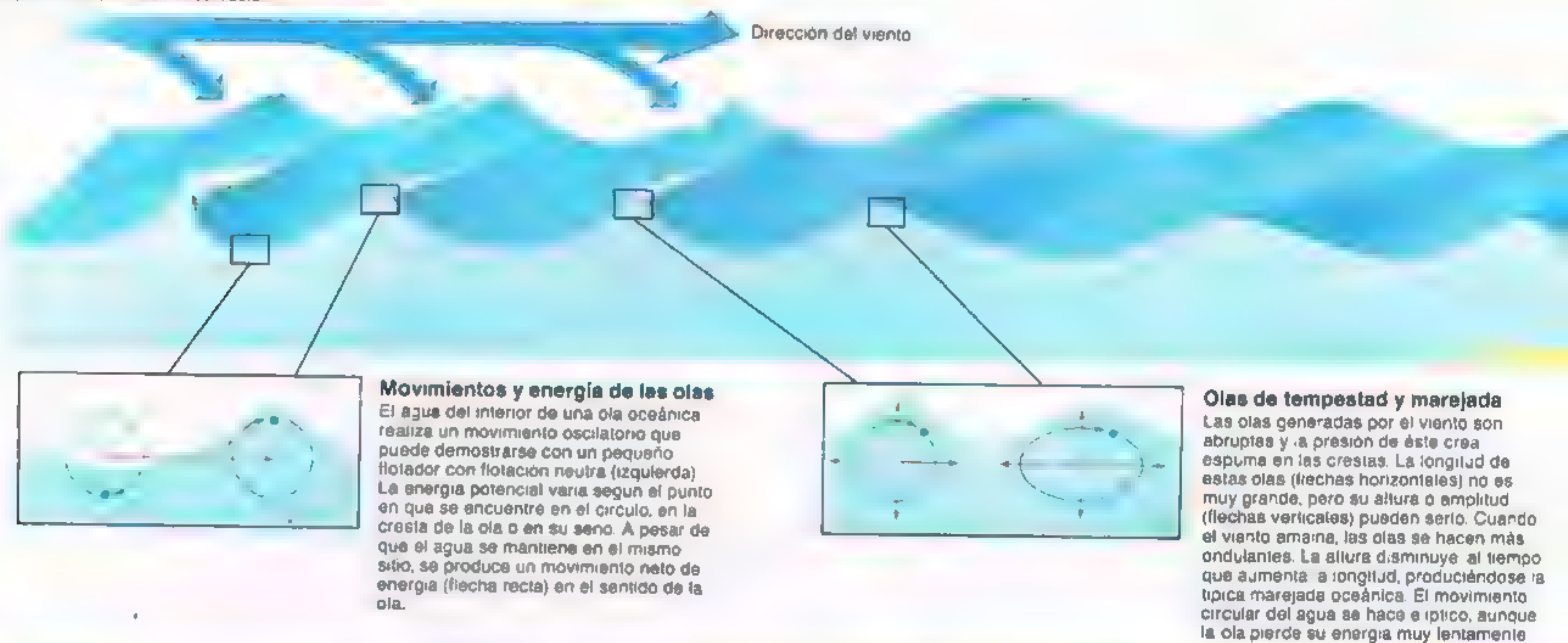
El viento crea pequeñas ondulaciones en la superficie del agua, que se convierten rápidamente en olas. Las olas captan los vientos, absorbiendo aun más energía. Esta energía no penetra mucho, de suerte que es tan sólo de un 4-5 por 100 a una profundidad equivalente a la tercera parte de la distancia entre las crestas. Cuando la ola se desplaza hacia adelante, se pierde una pequeña parte de esta energía por la fricción, aunque el oleaje del océano puede transportar la energía a grandes distancias. Finalmente, la energía se pierde totalmente en la costa al romperse las olas, que erosionan y transforman el litoral.

Corrientes oceánicas

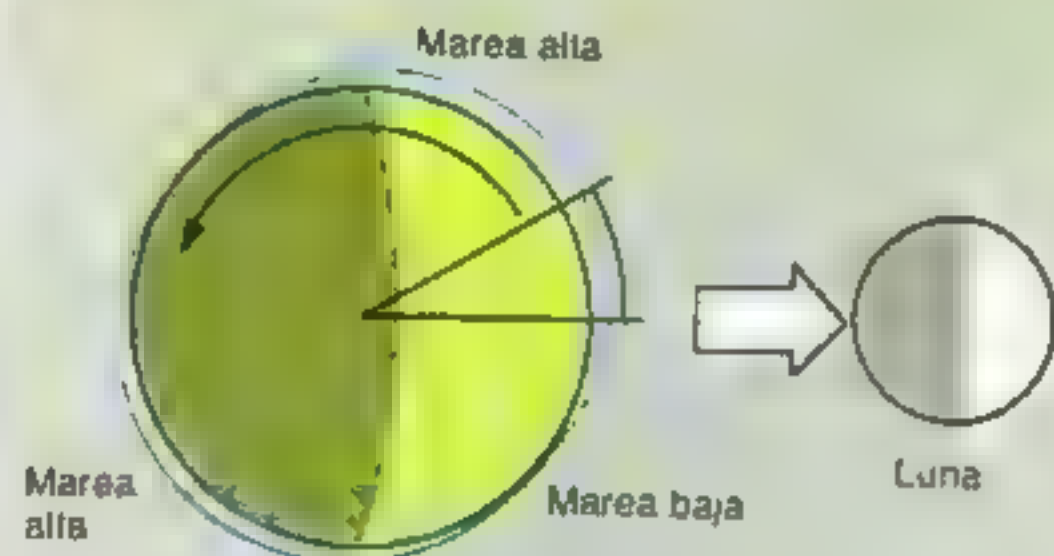
Las corrientes pueden activarse por diferencias de densidad y temperatura entre masas de agua, si bien los grandes sistemas de corrientes de superficie de los océanos se deben a la acción de los vientos. Los alisios determinan corrientes y contracorrientes ecuatoriales. La Corriente del Golfo la produce el agua que la Co-

Vientos y olas

El 71 por 100 de la superficie de nuestro planeta está cubierta de agua y en ella se da una compleja interacción física entre la atmósfera y la hidrosfera. Las olas constituyen un ejemplo espectacular, de fácil observación.

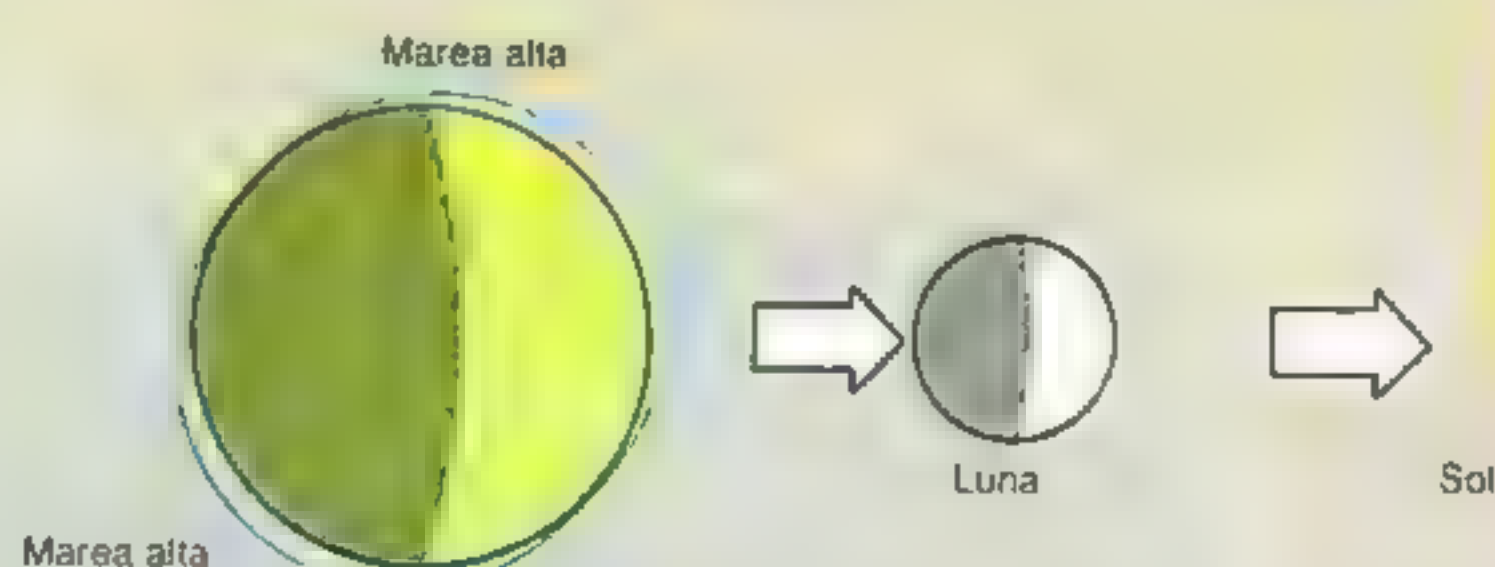


Mareas



La Luna y el mar

El hombre conoce desde hace tiempo la relación entre Luna y mareas. El empuje gravitacional de la Luna produce dos "protuberancias" en la superficie de los océanos (exageradas a propósito en el diagrama superior). Debido a la rotación de la Tierra, las mareas altas se retrasan y en mar abierto van unos 30° por detrás de la Luna. Así pues, se producen dos horas después de que la Luna haya pasado por el meridiano local, aunque cerca de la costa el retraso puede variar bastante.



Marea viva y marea muerta

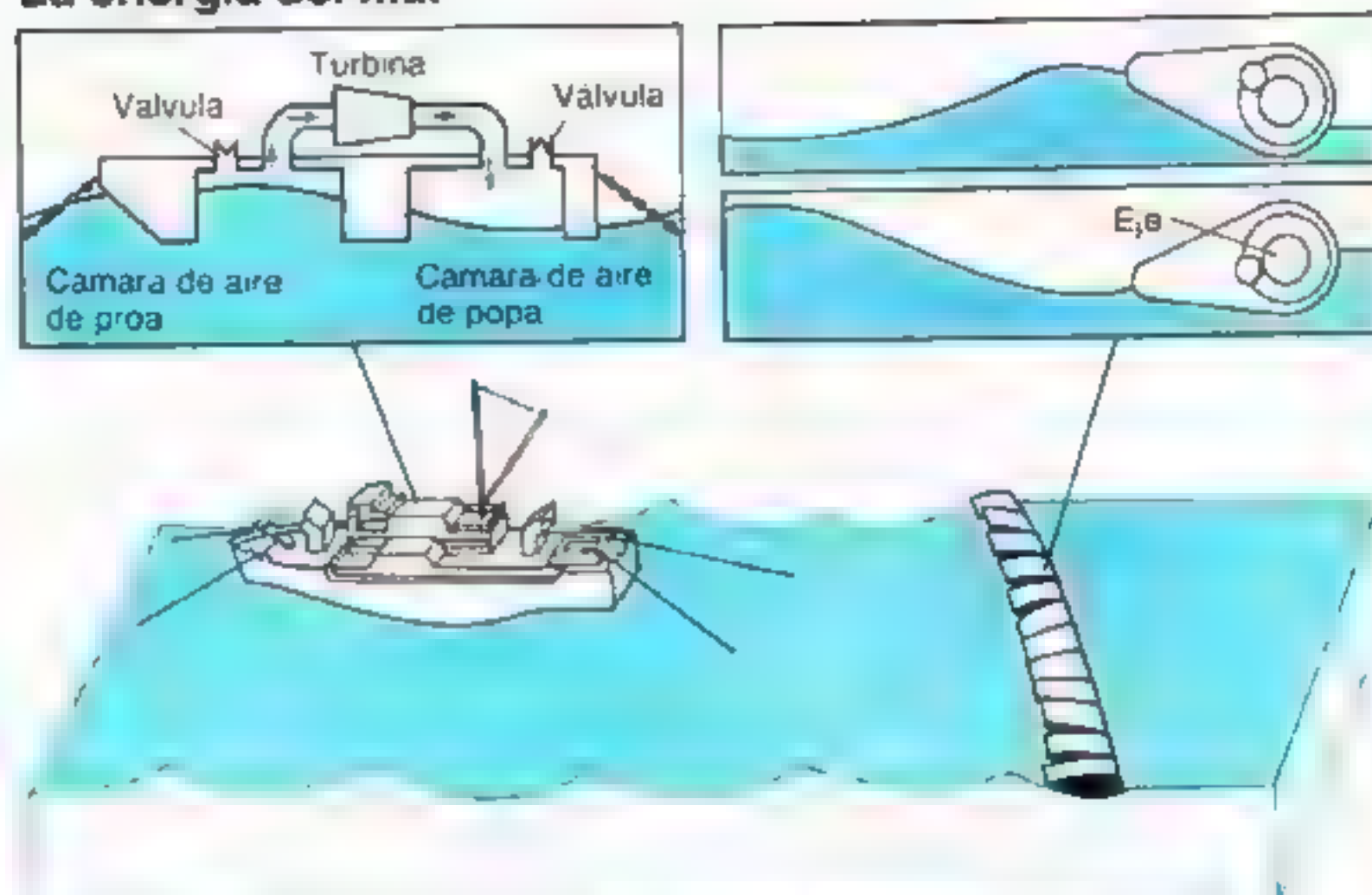
Las aguas están especialmente altas (marea viva) cuando la Luna y el Sol están alineados y ejercen una atracción en el mismo sentido o en sentido contrario. Esto sucede uno o dos días tras la luna nueva y la luna llena de cada mes. La altura mínima del agua (marea muerta) se produce cuando el Sol y la Luna forman un ángulo recto. La diferencia entre marea alta y baja en los océanos es de unos 80 cm, aunque en la costa puede ser mayor (foto derecha). En torno a las costas británicas, las mareas vivas pueden llegar a los 300-400 cm, mientras que en el Mar Báltico no hay prácticamente mareas.

riente-Ecuatorial Septentrional lleva hacia las Antillas, adentrándose en el Caribe, y «desbordándose» posteriormente en dirección noroeste. Alrededor de la Antártida, donde no hay continentes que la obstaculicen, se mueve una corriente del oeste. Donde los vientos y corrientes alejan al agua de la superficie de la costa, ésta es reemplazada por agua procedente de niveles más profundos, rica en nutrientes y con abundante pesca. Las corrientes nutritivas de los mares polares dan lugar a otros bancos de pesca, como los del este de Japón.

Peligros del mar

La energía del mar puede resultar peligrosa, incluso en tierra. La combinación de mareas vivas y fuertes vientos costeros puede producir inundaciones devastadoras, como sucede en la costa holandesa. Un terremoto en el fondo marino o una explosión volcánica pueden producir las olas denominadas «tsunamis», que pueden moverse a una velocidad de varios cientos de km/h, golpeando el litoral con una fuerza tremenda. La ola que se produjo cuando explotó la isla de Krakatoa, entre Java y Sumatra en 1883, se elevó a una altura de 35 m al chocar contra la costa de Java. Las pequeñas embarcaciones fueron lanzadas hasta bien dentro de tierra y se cree que perecieron 35.000 personas.

La energía del mar



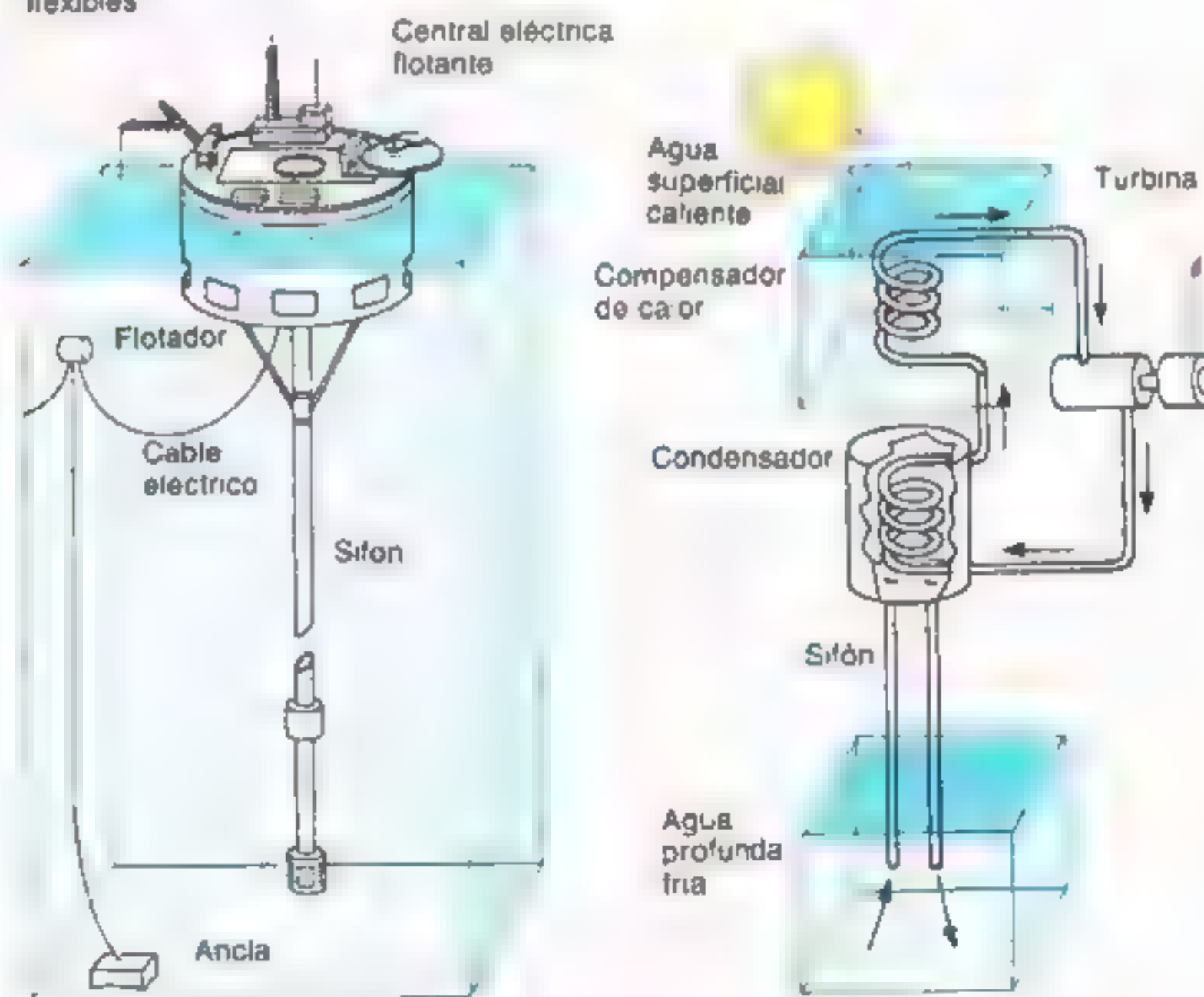
La energía de las olas

Un método para extraer energía de las olas consiste en anclar barcasas en el mar con dos cámaras de aire separadas por media longitud de onda. Cuando la ola pasa bajo las barcasas, el aire es aspirado por la cámara de proa, y de allí pasa por la turbina a la cámara de popa, de donde vuelve a salir.

En una cala se pueden emplear flotadores en forma de pico de pato, montados sobre ejes flexibles. Los movimientos de los flotadores se transmiten por los engranajes a los ejes, que a su vez mueven unos generadores eléctricos situados en tierra.

Energía solar del mar

La Conversión de Energía Térmica del Océano (OTEC) es una técnica considerada de especial aplicación en aguas tropicales. Aquí se emplea la superficie del agua calentada por el Sol para gasificar un agente apropiado, freón o amoníaco; el gas se emplea, a su vez, para mover una turbina. El agente es posteriormente condensado mediante agua profunda fría, elevada mediante un sistema de sifón. El agente, ahora en forma líquida, vuelve a pasar por el compensador de calor, completando el círculo. Hay proyectos para la construcción de centrales eléctricas flotantes, llevando la electricidad a tierra mediante cables flexibles.

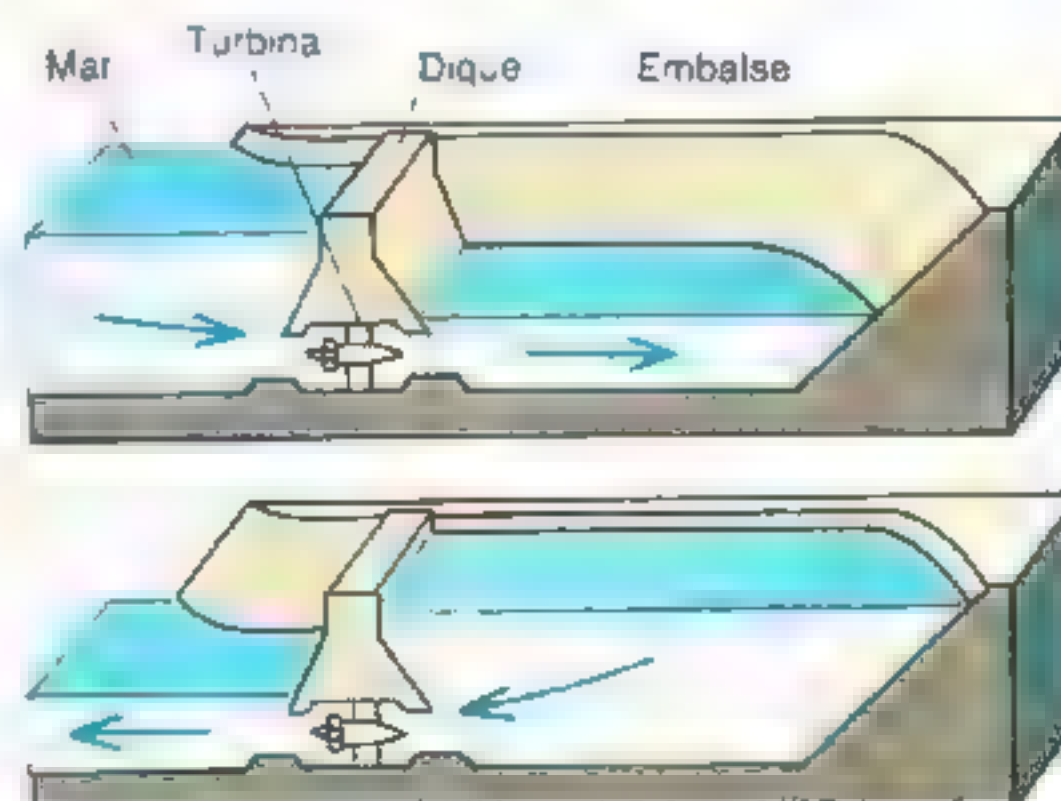


Rompientes

Cuando una ola llega a aguas superficiales, el movimiento de la parte inferior del ciclo se detiene al chocar contra el fondo. El agua que avanza se acumula sobre el agua de debajo, la ola se eleva y se hace abrupta y picada. Finalmente, la fricción es tan intensa en la parte inferior que, en sentido figurativo, la ola tropieza en sus propios pies y se rompe.

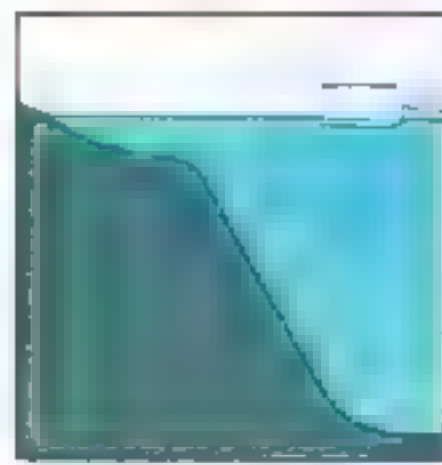
La energía de las mareas

En puntos de marea alta, se puede transformar una bahía estrecha en un embalse de una central eléctrica, evantando un dique a la entrada con objeto de aprovechar el flujo y reflujo del agua para mover turbinas de transmisión reversible. Son escasos los lugares con una bahía estrecha y profunda con el flujo y reflujo necesarios.



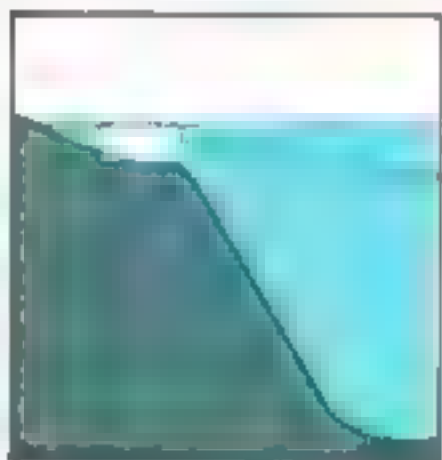
La vida en el agua

Las cuatro zonas de profundidad del océano



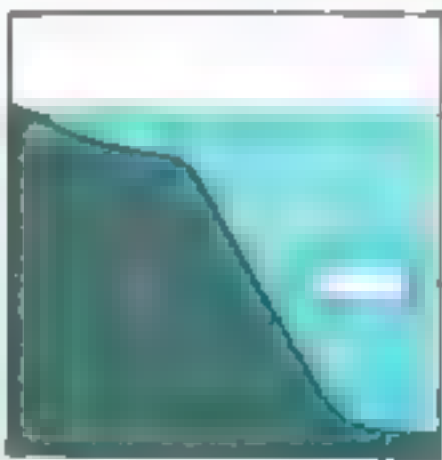
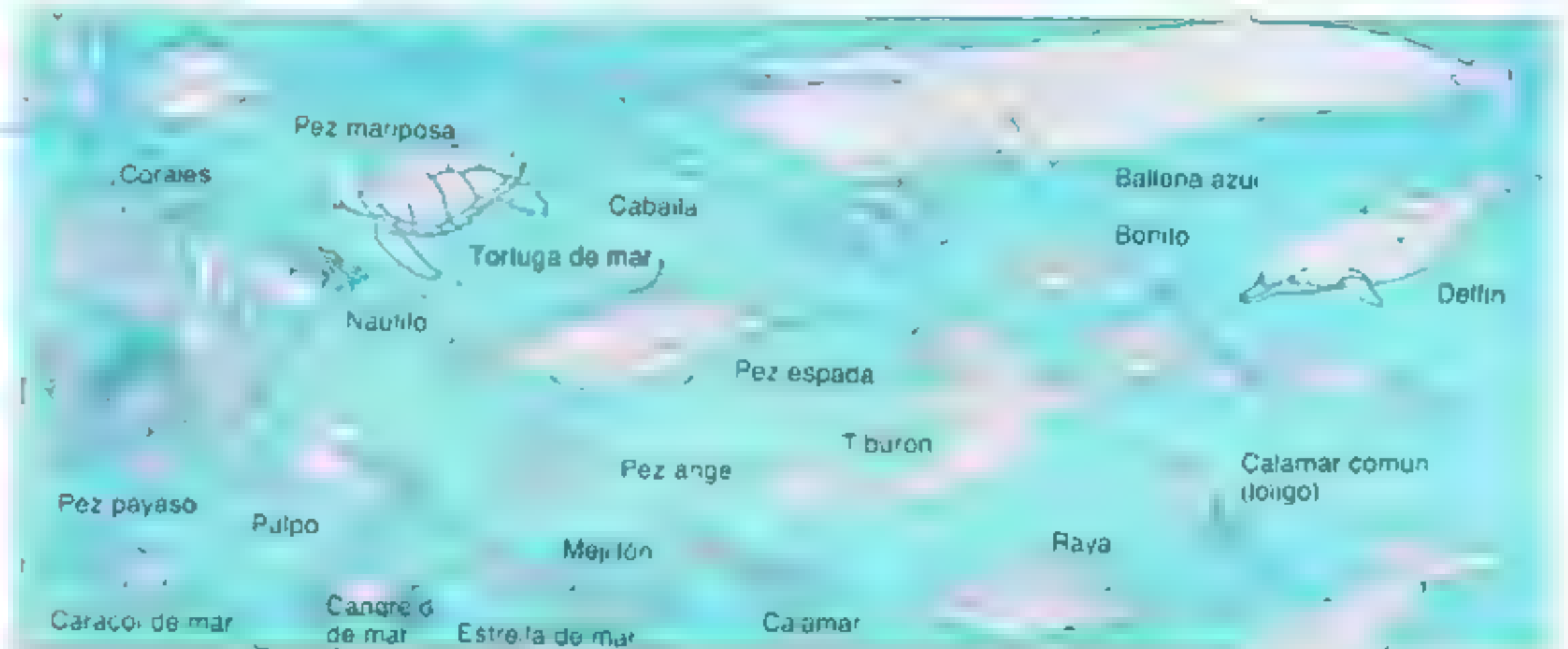
La capa superior

de los océanos es denominado zona eufótica. Hay suficiente luz solar para la fotosíntesis de las algas verdes. Estas algas, la mayoría unicelulares y microscópicas, son el alimento de numerosos crustáceos diminutos y cnidarios. Todos los organismos forman lo que se denomina plancton, formas vivas que se mueven con las corrientes.



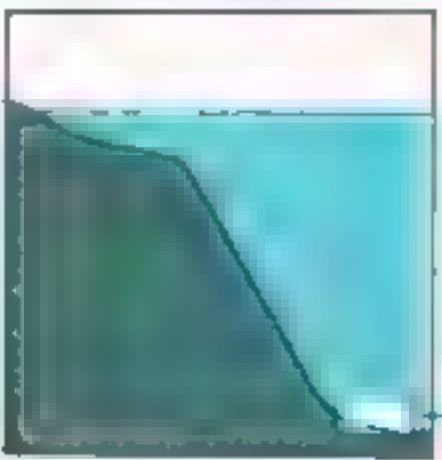
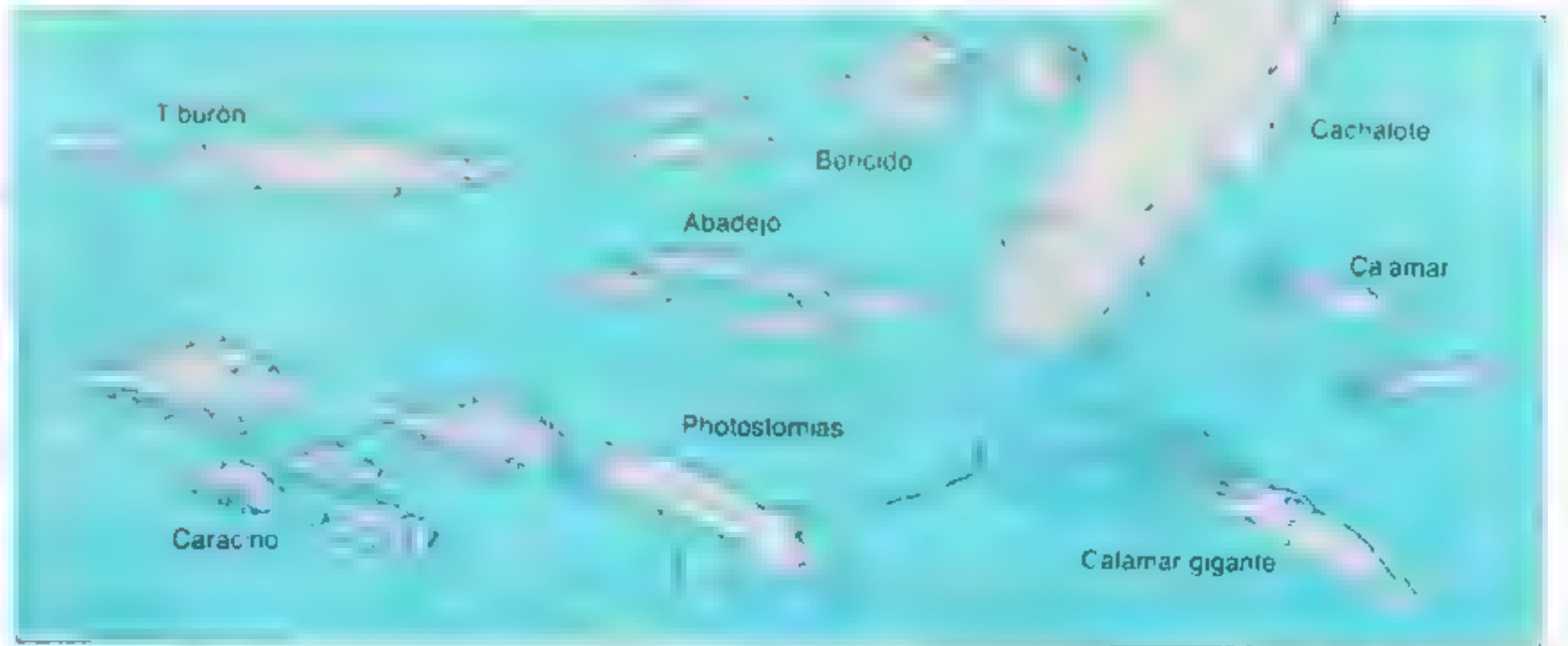
Las zonas litorales

y las zonas productivas del mar abierto contienen peces que se alimentan de plancton o se comen unos a otros. A estos nadadores se les denomina colectivamente necton. Los arrecifes de coral se forman con los cascarones calcáreos de miles de millones de cridarios. Los invertebrados, como el mejillón, la estrella de mar, el cangrejo y el calamar son comunes en el fondo marino de los mares superficiales.



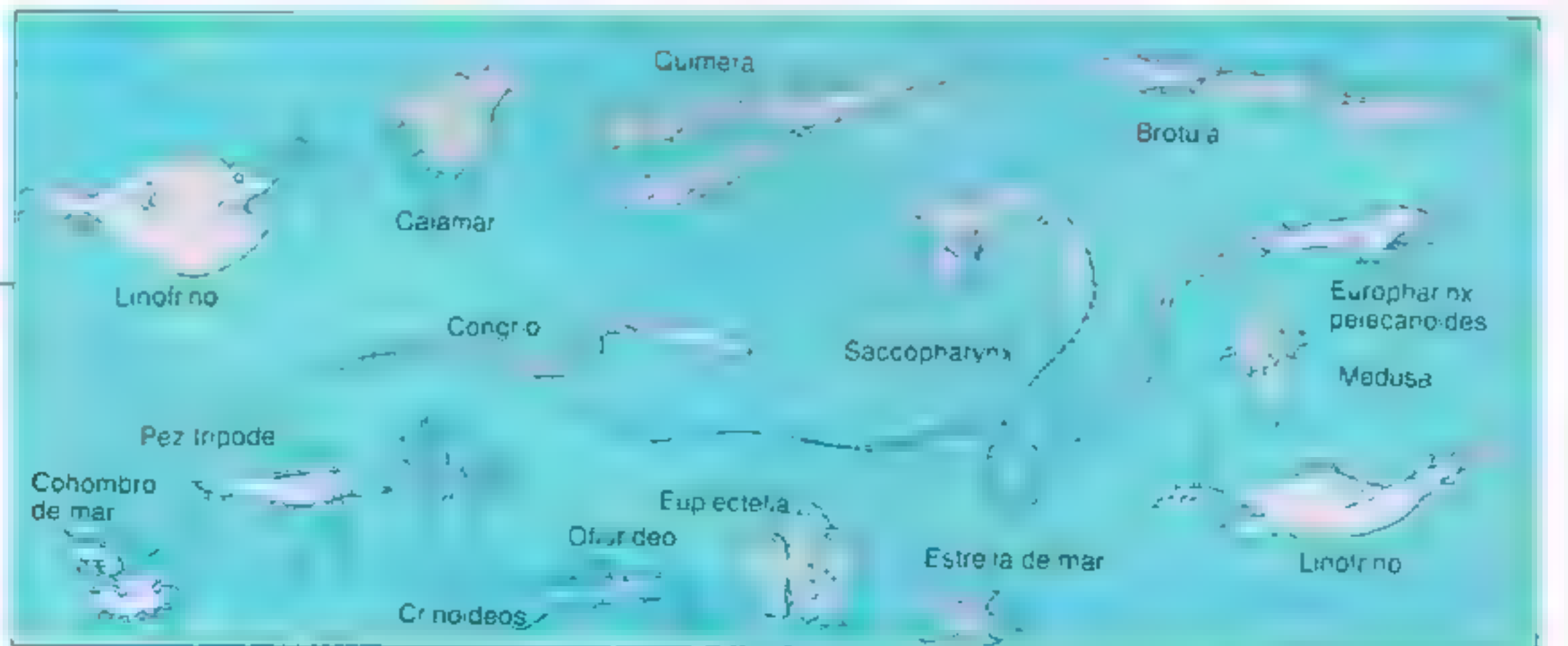
La zona de penumbra

y sus organismos obtienen su alimento de los niveles superiores, bien en forma de detritos (la lluvia continua de biomasa muerta) o por predación. El cachelote se sumerge a profundidades inmensas en busca de su alimento principal: el calamar gigante *Architeuthis*. Aun se sabe muy poco sobre los hábitos de los peces de esta zona. No existen plantas, las bacterias desempeñan un papel vital en la descomposición.



Las grandes profundidades

forman a zona abisal. En esta eterna oscuridad, todos los organismos viven prácticamente de detritos o de otros comedores de detritos. Muchos de los predadores tienen órganos luminosos y mandíbulas grotescamente desarrolladas para atrapar sus presas. La mayoría de estos peces de las profundidades tienen solo unos centímetros de longitud.



Cadenas alimentarias de océanos y lagos

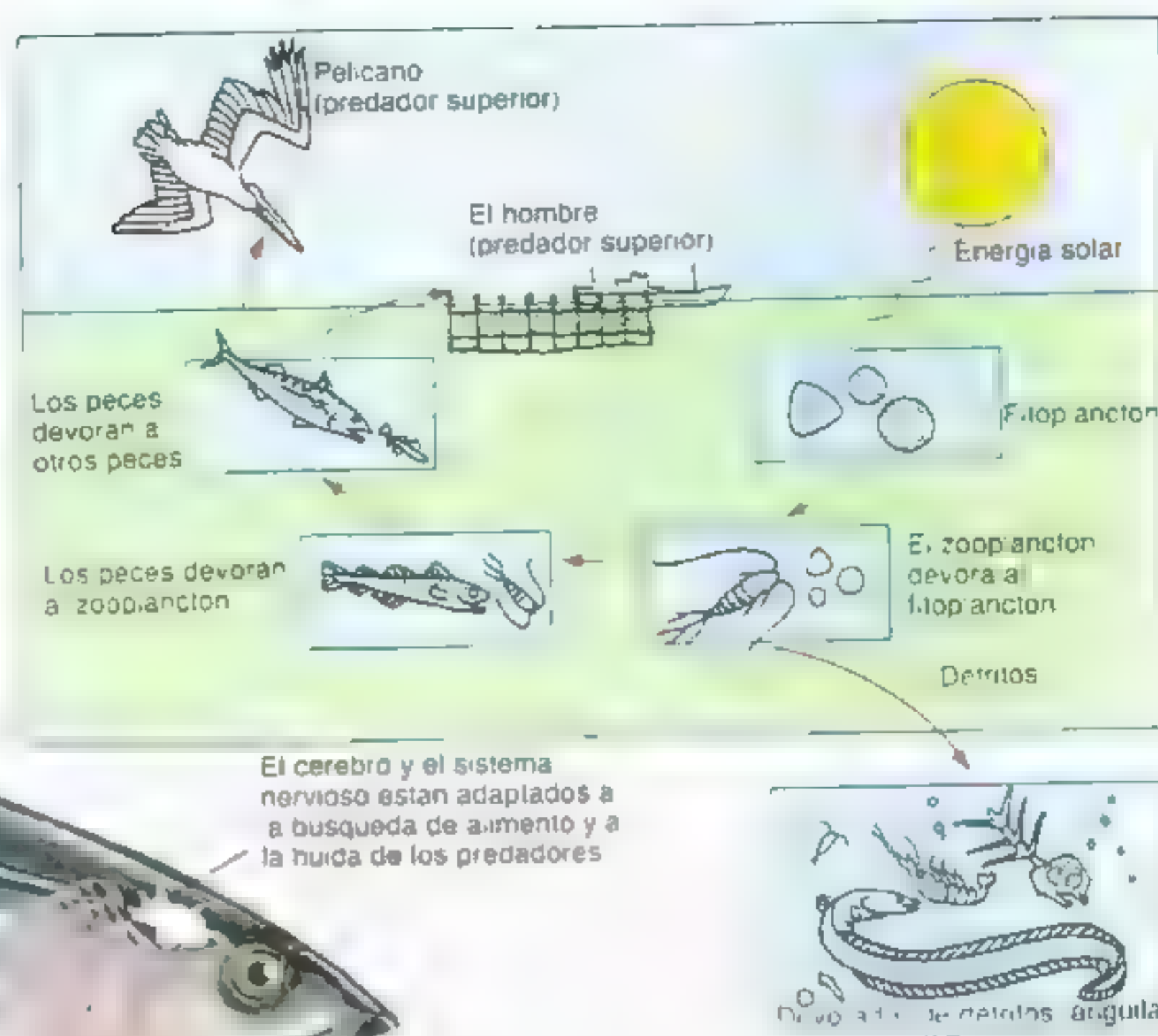
Los principales productores de biomasa son los numerosos organismos de plancton que transforman la materia inorgánica en orgánica por medio de la luz solar. Estas plantas o fitoplancton son devoradas por plancton animal o zooplancton, que a su vez se convierte en alimento de peces. Finalmente, los peces planctófagos son devorados por los predadores. Sin embargo, con frecuencia la cadena alimentaria acaba fuera del agua: las aves devoradoras de peces (pelicanos, cormoranes, gaviotas y otros) desempeñan un papel importante en la economía de los océanos. También el hombre extrae alimento del agua.

La línea u. organo lateral registra las vibraciones debiles y los movimientos de agua

El pez se impulsa con la aleta caudal y potentes músculos

Las aletas dorsales, reforzadas por espinas hacen de «timón» y «quilla»

La flotación se regula mediante una vejiga natatoria llena de gas



Adaptación a la vida en el agua

El agua es el medio originario de la vida, por lo que la vida en el agua no necesita ninguna adaptación especial. Una existencia activa y móvil requiere aletas, músculos y sentidos bien desarrollados. Los peces óseos (arriba) se adaptaron hace unos 300 millones de años, estas adaptaciones han resultado perfectas

La aleta caudal horizontal está formada sólo por piel y músculos

El cuerpo es fusiforme y las patas traseras son totalmente rudimentarias.

El peso del esqueleto contrarresta la flotación de los pulmones llenos de aire cuando el animal se sumerge

Las patas delanteras se han convertido en aletas pectorales

Regreso al mar

Las ballenas, los delfines (izquierda) y las focas son mamíferos cuyos antecesores vivieron en tierra pero regresaron hace tiempo al mar. Es decir, son endotermos (de sangre caliente) y respiran por pulmones. La readaptación de las ballenas a la vida en el agua lleva realizándose 40 millones de años y les ha dado una anatomía que, en muchos sentidos, es similar a la de un pez, pero que en otros es totalmente exclusiva

Los orificios nasales se han desplazado sobre el cráneo y se han unido formando un soplador

El elemento líquido es el medio natural de la célula viva. Ingeniosos mecanismos moleculares absorben las sustancias vitales del líquido que le rodea a través de la membrana celular y arrojan los residuos en sentido contrario. Así, los organismos unicelulares no necesitan una especial adaptación a la vida en el agua. Un organismo que se mueve necesita un medio de locomoción, músculos y aletas en el caso de los peces. Los músculos a su vez necesitan grandes cantidades de oxígeno, de ahí la existencia de branquias. Finalmente, son necesarios sentidos y un sistema nervioso para asegurar que los movimientos resulten eficaces y aptos para sus necesidades.

En principio, el agua exige a todos sus habitantes prácticamente lo mismo. Los animales que se readaptan a la vida en el agua tienen consecuentemente muchos rasgos anatómicos comunes con los peces. Esto sirve para ballenas y focas y, hasta cierto punto, para los ictiosaurios del mesozoico, hace 200 millones de años. Todos ellos comparten o compartían el mismo inconveniente de que la adaptación fundamental de sus antecesores a la vida en la tierra, la respiración aérea, no ha podido revertirse.

Los agentes principales de producción orgánica de océanos y lagos son las plantas verdes de plancton. Para crecer no necesitan sólo luz solar, sino también oxígeno, dióxido de carbono y sales. A menudo, la existencia de fosfatos determina la cantidad de biomasa, es decir, de materia viva, que puede existir en un metro cúbico de agua. La falta de fosfato supone agua estéril, mientras que su abundancia puede dar lugar a una floración de algas que consuma el oxígeno del agua. Los fosfatos, en forma de residuos orgánicos, están continuamente descendiendo a las profundidades.

En el mar abierto, estos detritos se hunden fuera del alcance de los productores orgánicos y se incorporan a los sedimentos y a las rocas sedimentarias. Por otro lado, las aguas superficiales reciben nutrientes (nitratos y fosfatos) de dos fuentes: del agua que se infiltra en el terreno y de la descomposición de la materia orgánica en el mar. La producción orgánica es elevada, ya que casi todos los nutrientes existentes se incorporan a la biomasa. Las aguas superficiales son, pues, importantes zonas de pesca y un banco puede contener cientos de miles de peces.

La mar nutricia

El hombre no ha sido siempre pescador. Al final de la Era Glacial, los cambios ecológicos y las demandas de una población en aumento obligaron a los hasta entonces cazadores de caza mayor a volver la vista hacia la caza menor y, finalmente, a los mariscos: mejillones y ostras. Esta evolución puede estudiarse arqueológicamente en ciertos emplazamientos mediante el análisis estadístico de las basuras domésticas. La pesca surgió durante el Mesolítico (hace aproximadamente 8.000 años), cuando se inventaron los aparejos básicos: anzuelo, lanza, red y nasa.

La pesca fue una actividad principalmente local hasta que el motor de vapor primero y el motor diesel después provocaron su industrialización en los cien últimos años. El enlatado de conservas y la refrigeración han aumentado las posibilidades de la pesca. Las flotas pesqueras van ahora acompañadas de barcos factorías y la mecanización ha aminorado la dureza del trabajo.

Durante las décadas de 1950 y 1960 se pensó que el alimento de los mares sería suficiente para alimentar a una población mundial ilimitada. Pero la pesca abusiva acarrió una reducción de las capturas a comienzos de la década de 1970. Hoy día, el total anual de capturas, incluyendo la piscicultura y las algas, está alrededor de 68 millones de toneladas. Cerca del 40 por 100 consiste en diferentes especies de arenque y bacalao. La piscicultura (criaderos de mejillones y ostras, cría de peces en aguas costeras e interiores, etc.) aporta alrededor del 9 por 100, proporción que aumenta con rapidez. En el sureste asiático, en especial, la cría

de carpas en estanques es una fuente importante de proteínas.

Las zonas de pesca más importantes son las aguas superficiales de las plataformas continentales, y las zonas en las que el agua que sube del fondo o las corrientes de las regiones polares proporcionan sales nutritivas, principalmente fosfatos. La productividad biológica alcanza aquí su máximo nivel y las cadenas alimentarias suelen ser más cortas que en los complejos sistemas ecológicos de los océanos. Sin embargo, estas zonas altamente productivas son más vulnerables. A comienzos de la década de 1970, las capturas de anchoa en Perú, la mayor industria pesquera en aquel momento, se vinieron abajo al cambiar de curso una corriente oceánica fría y muy nutritiva. Al desaparecer esta nutrición, desaparecieron las anchoas y se derrumbó toda la industria.

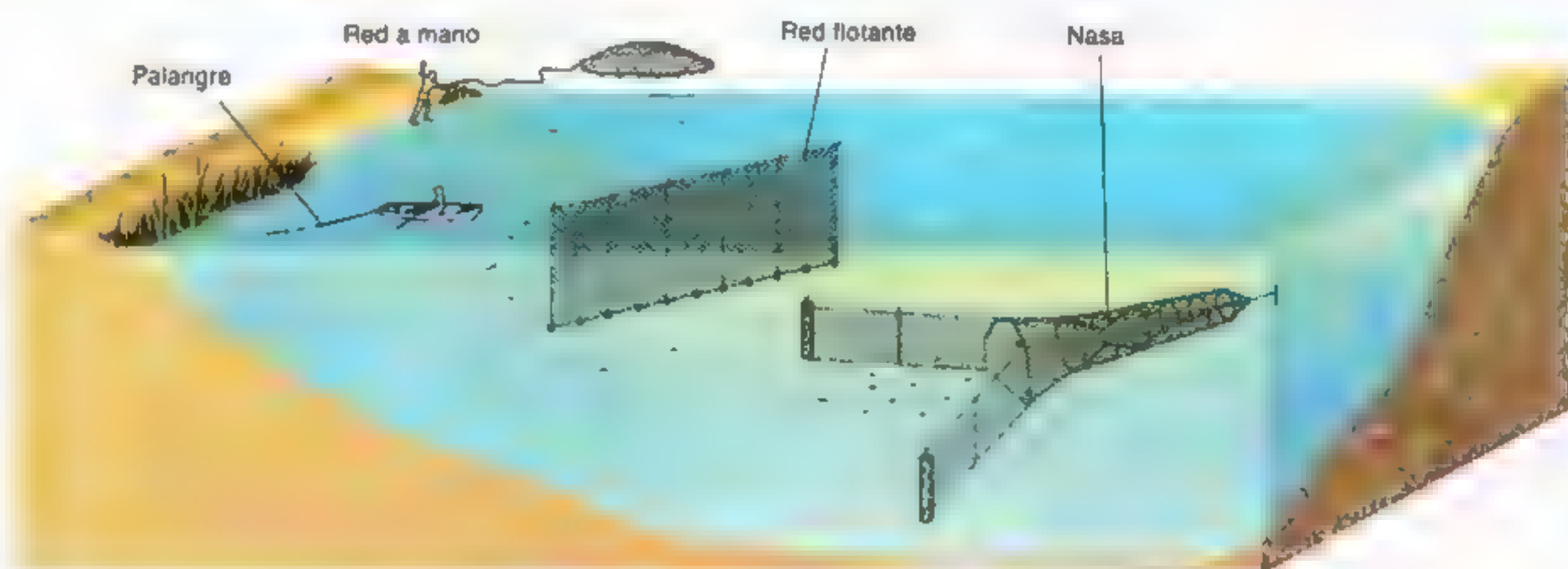
La pesca tradicional es biológicamente ineficaz. Una tonelada de plancton no puede nunca convertirse en más de 10-20 kg de caballa, puesto que ésta se encuentra en un escalón superior de la cadena alimentaria, por ser un predador superior como el hombre. Resulta tentador recurrir al nivel trófico más inferior posible y utilizar a los productores primarios del mar, las algas, y a los secundarios, los crustáceos pelágicos como el «krill». Esto podría ser posible en el futuro. Entre tanto hay algo claro: si queremos aprovechar las aguas de la Tierra para la producción de alimentos, hay que detener la contaminación. Los océanos no son ya inagotables.

La pesca en aguas interiores

Constituye una importante fuente de proteínas en muchas partes del mundo. Los utensilios empleados son simples y ligeros.

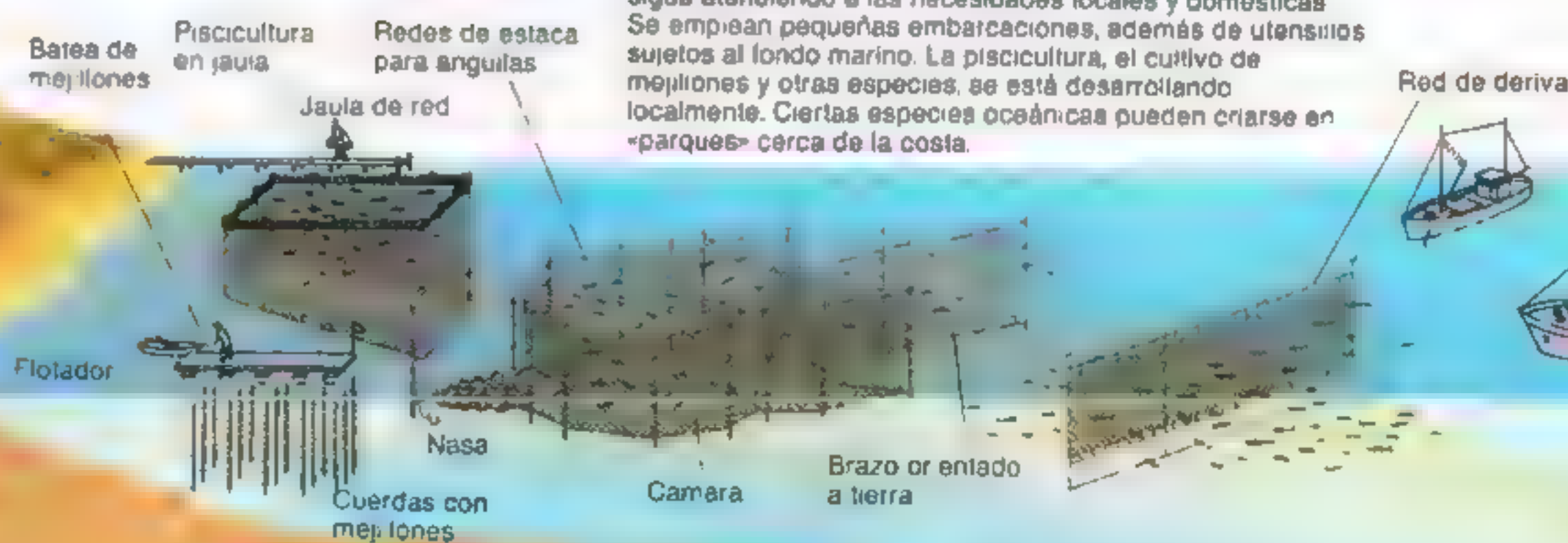
La pesca en el mar

La pesca marina está muy diversificada. Hay una gran diferencia entre la pesca costera y la de altura, y los métodos varían según las especies. La pesca de altura en especial se ha convertido en una gran industria, dotada de factorías flotantes, conserveras en tierra y amplias redes de distribución.



La pesca costera

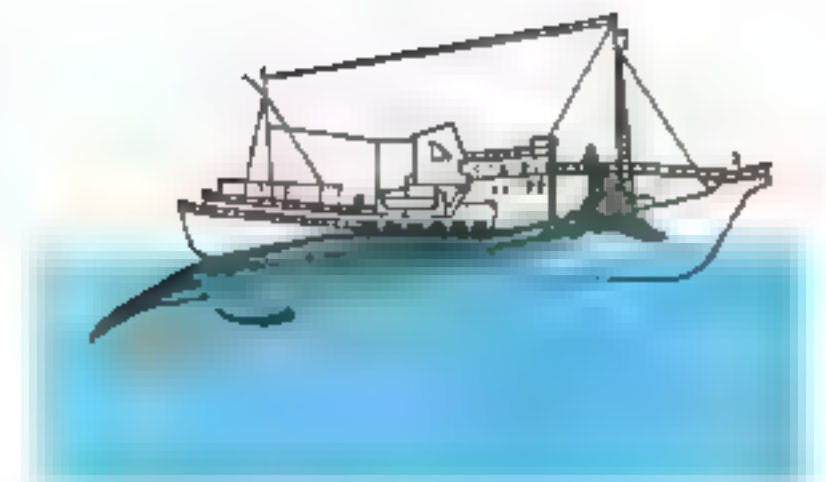
sigue atendiendo a las necesidades locales y domésticas. Se emplean pequeñas embarcaciones, además de utensilios sujetos al fondo marino. La piscicultura, el cultivo de mejillones y otras especies, se está desarrollando localmente. Ciertas especies oceánicas pueden criarse en «parques» cerca de la costa.





La plata del mar

Es fácil impresionarse ante las riquezas del mar cuando se ve la pesca extendida por cubierta, pero con sus capturas las traineras dejan sin vida grandes volúmenes de agua. A pesar de su inmensidad, los océanos apenas contienen más del 10 por 100 del total de la biomasa viva de la Tierra.



Los balleneros

disparan arpones explosivos desde embarcaciones rápidas y pequeñas. Ciertas especies de ballenas están en peligro de extinción, aunque parecen prevalecer los intereses creados.

Antena del radiogoniómetro

Antenas de radio

Radar

Luces de navegación

Caseta de gobierno

Chigre del ancla

Chigres

Chigre de arrastre

Bote salvavidas

Sala de control del chigre de arrastre

Quilla de balance

Grada

Timón

La pesca de altura

la realizan principalmente grandes traineras (arriba). Son embarcaciones altamente mecanizadas que localizan los bancos por medio de sondeo (derecha). Las condiciones del fondo marino y otros factores impiden que el arrastre elimine métodos más tradicionales.



Ondas de sonido Banco de peces

Arrastre con trana de fondo

Relinga

Cerco de jareta

Palangre

Cabos de arrastre

Deslizadores

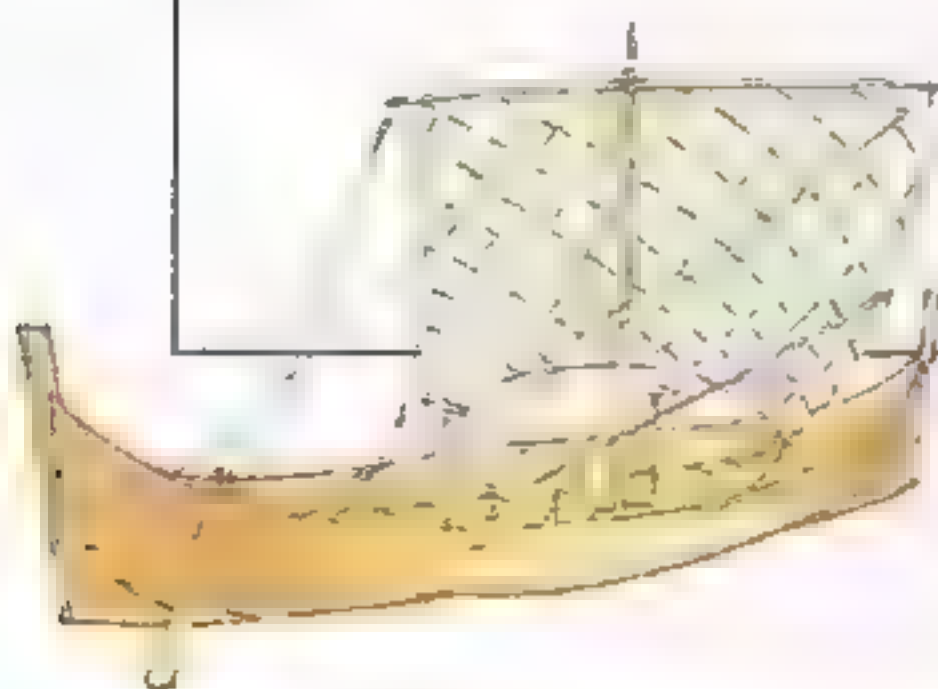
Trana

Sedales con anzuelos

La conquista de los mares

Los vikingos

llegaron hasta el Mar Caspio por el este y a «Vinland» (probablemente Terranova) por el oeste. En el siglo X se asentaron en Islandia y Groenlandia, aunque sus viajes por los mares de Rusia tuvieron mayor importancia económica e histórica.



Los primeros exploradores

Mucho antes de la era de los grandes viajes de descubrimiento, hubo intrepidos marinos en los mares. Chinos, árabes, polinesios y vikingos viajaron mucho más allá de sus costas, aunque su campo de actividad (mapa) era limitado. Hasta el siglo XVI, los europeos no empezaron a viajar por todo el mundo.



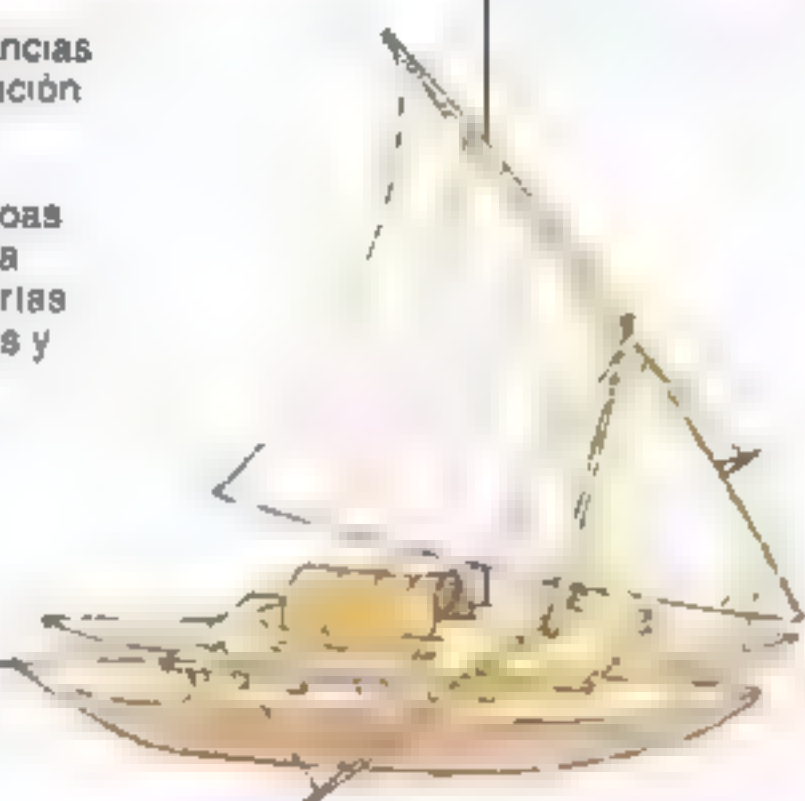
Los chinos

fueron probablemente los mejores constructores de barcos de la Edad Media. Sus juncos tenían varios mástiles, iban equipados de un timón de codaste y tenían mamparas impermeables. A principios del siglo XV, exploradores chinos llegaron por el oeste hasta la India y África Oriental.



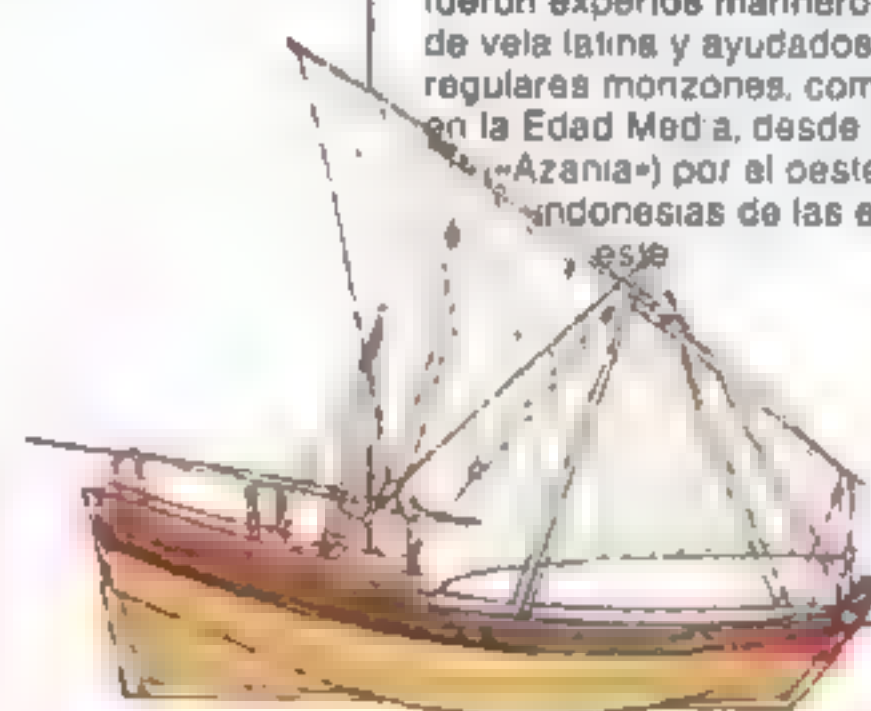
Los polinesios

navegaron grandes distancias en sus viajes de colonización del Pacífico hace unos 2.000 años. Sus embarcaciones eran canoas con balancines y una vela triangular. Empleaban cartas simples hechas con palos y conchas.



Los árabes

fueron expertos marineros. En sus barcos de vela latina y ayudados por los regulares monzones, comerciaron por mar en la Edad Media, desde África Oriental («Azania») por el oeste, hasta las islas indonesias de las especias por el este.



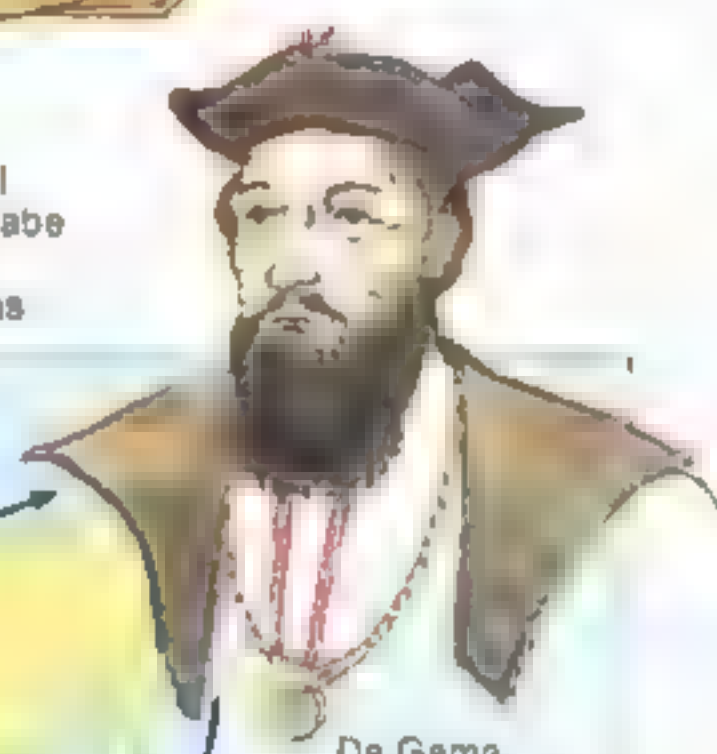
Grandes navegantes

En 1492 Colón navegó hacia el oeste en busca de una nueva ruta entre Europa y la India. Descubrió un nuevo continente, América. Los viajes de Colón fueron seguidos de una intensa colonización española y portuguesa.

En 1498 Vasco da Gama abrió la ruta a la India por el este, dando la vuelta a África, y utilizando un piloto árabe en la última parte del trayecto. Fue la culminación de ochenta años de exploraciones marítimas portuguesas.



Colón



Da Gama



Magallanes

En 1519 Fernando Magallanes emprendió la primera vuelta al mundo. Tres años después uno de los tres barcos regresó a Portugal, con sólo 18 hombres de los 265. Magallanes había muerto en Filipinas.

La ciencia geográfica

Geógrafos de mente crítica y minuciosos cartógrafos reunieron los relatos de los navegantes en un estudio científico coherente del mundo. Los descubrimientos de los siglos XV y XVI tuvieron consecuencias más importantes que las expediciones de los vikingos.

En 1768-1779 el capitán James Cook exploró grandes zonas del Océano Pacífico y de las aguas antárticas. Su destreza como navegante, su interés científico y su comportamiento humanitario reflejan un espíritu ilustrado en esta época ruda y despachada de descubrimientos.

Los avances en la construcción naval permitieron la utilización de los mares como importantes rutas de comunicación. Pronto se inició un activo tráfico en el Mediterráneo y en el Báltico, donde las aguas estaban bastante protegidas y las distancias de recalada eran relativamente cortas. En el Mediterráneo, cretenses, fenicios, griegos, romanos, árabes e italianos se sucedieron unos a otros en el dominio de los mares, hasta que el comercio mundial se trasladó a los grandes océanos y el Mediterráneo decayó, convirtiéndose en una zona económicamente inactiva.

Las nuevas rutas comerciales fueron la consecuencia de los grandes descubrimientos de los siglos xv y xvi. Cientos de años de navegación por litorales tormentosos habían obligado a los europeos occidentales a construir buenos barcos, aunque el verdadero impulso a su expansión marítima fue la idea de destruir el monopolio árabe-italiano del comercio con el Lejano Oriente. Aunque Colón y Da Gama no se hicieron a la mar impulsados por un fervor científico, sus viajes tuvieron consecuencias científicas importantes.

Se ha dicho a menudo que fueron los indios y no Colón quien descubrió América. Es cierto que los habitantes originales del nuevo Mundo conocían bien sus terrenos de caza, pero desconocían que esta tierra fuera un continente aislado, separado por el mar de otros continentes como Europa, Asia y África. No tenían una ciencia geográfica. Los europeos, sin embargo, la habían desarrollado, lo que les daba unos conocimientos prácticos de la geografía mundial sin paralelo en la historia. Puede decirse que la época de los grandes viajes de descubrimiento concluye con los viajes de Cook en la década de 1770. Representaron la transición a la era dorada de las grandes expediciones científicas del siglo xix: la expedición Challenger, Darwin, Nordenskiöld y otros muchos.

Pescadores y navegantes han tenido siempre cierto conocimiento de las profundidades marinas, aunque la capacidad de un buceador a pulmón está limitada a unas decenas de metros y un par de minutos. En el siglo xvi se inventó la campana de buzo para operaciones de rescate y en la década de 1830, Siebe diseñó el moderno traje de buzo para el mismo fin. Los equipos de respiración de los hombres rana surgieron en la Segunda Guerra Mundial. Hoy día los buzos trabajan rutinariamente a profundidades de varios cientos de metros.

La invención del torpedo a finales del siglo xix convirtió al submarino en un arma militar práctica. Su uso militar se mantuvo hasta la década de 1960, cuando los investigadores marinos construyeron aparatos sumergibles especialmente diseñados para uso científico. Desde entonces, la búsqueda de petróleo bajo el mar ha hecho progresar rápidamente las técnicas de buceo.

El hombre está empezando ahora a sondear los misterios de las profundidades del océano. El «espacio interior» del mar es, como el espacio exterior, una nueva y prometedora frontera.

La exploración de las profundidades

Los buzos provistos de oxígeno están limitados a profundidades de 10-15 metros. Bajo presión, el oxígeno tiene un efecto venenoso.

Con el equipo más elemental los pescadores de perlas y esponjas alcanzan profundidades de 30-50 m durante periodos breves.

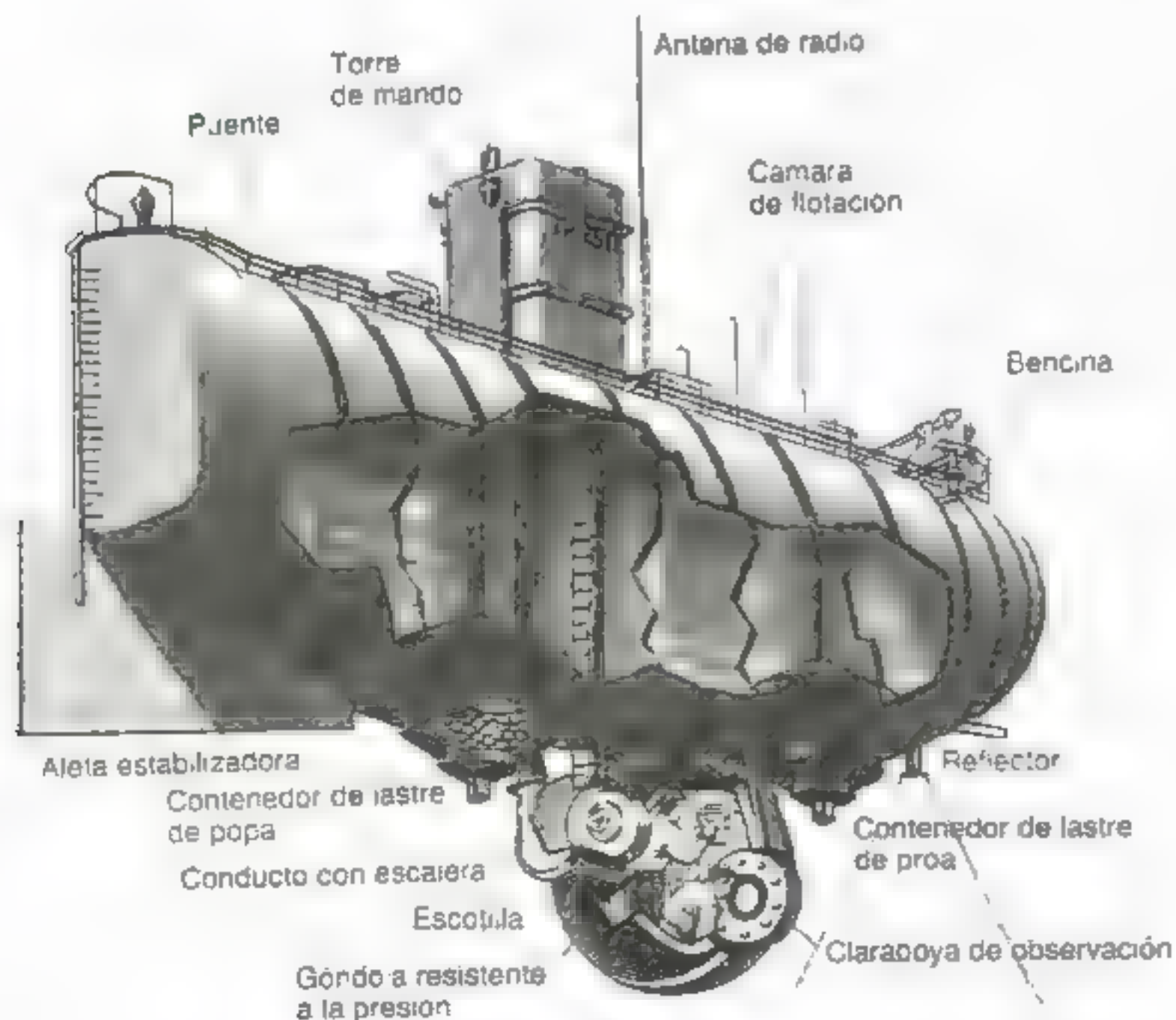
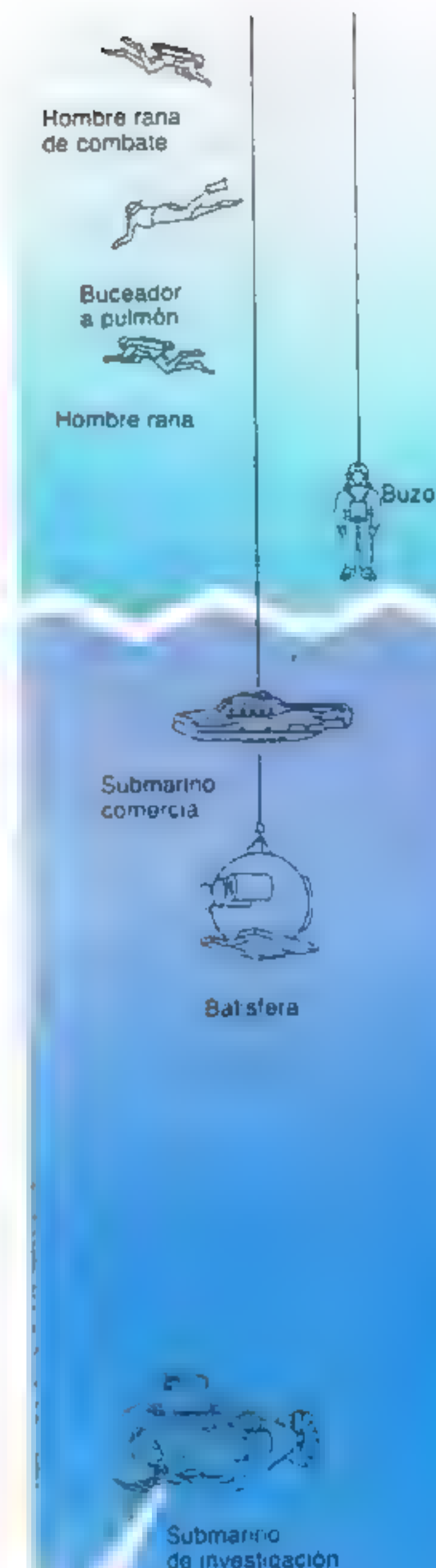
Los hombres rana con escalifandras autónomas pueden descender hasta 60 m. Por debajo de esta distancia hacen falta mezclas de gases especiales.

Los buzos pueden trabajar a profundidades de 150-250 m respirando heliox, una mezcla de helio y oxígeno.

Los submarinos comerciales pueden emplearse en reparaciones y labores de mantenimiento, por ejemplo, en las plataformas petrolíferas marítimas, hasta una profundidad de 400-500 m.

En 1934, empleando una batiscera, una estera de acero suspendida de un barco por un cable, el zoólogo norteamericano William Beebe descendió hasta más de 900 m. Este peligroso aparato le permitió al hombre observar por primera vez el mundo eternamente oscuro de las profundidades oceánicas.

Los submarinos de investigación, contruidos con nuevos materiales como titanio, aluminio y plexiglas, se emplean para realizar observaciones científicas a profundidades de varios miles de metros. Con la ayuda de estas embarcaciones se han hecho importantes descubrimientos biológicos y geológicos en las dorsales centro-oceánicas.



Las mayores profundidades

La mayor profundidad conocida en el mundo es la fosa de las Marianas en el Pacífico: 11 034 m. En ella un batiscabo (derecha y en detalle izquierda) descendió en 1960 hasta 10 916 m. En principio, un batiscabo es una especie de zepelín submarino. El casco está relleno de bencina, más ligera que el agua, al igual que el gas de un dirigible es más ligero que el aire. Bajo este casco o cámara de flotación hay una góndola de acero resistente a la presión, con claraboyas de observación. La flotación se equilibra mediante bolas de acero que sueltan dos contenedores. La tripulación se compone de dos o tres personas. La nave puede permanecer unas horas en el fondo marino, a profundidades de 10.000 m o más.

Las rutas marítimas

Se cree que los egipcios construyeron los primeros barcos de vela, en los que transportaban ricas mercancías, como maderas preciosas, oro, marfil y esclavos de Líbano y el Punt (costa de Somalia). Durante mucho tiempo la navegación fue una actividad que no afectaba ni atañía a la gente corriente. Los griegos, y tras ellos los romanos, fueron los primeros en depender del transporte de productos esenciales por mar: granos, aceite de oliva, vino y metales. Con la caída del Imperio Romano, alrededor del año 500, cesó el tráfico y los productos de uso diario no volvieron a ser un factor importante en la navegación hasta la alta Edad Media. Durante este tiempo, la mayoría de los barcos navegaban más o menos cerca de la costa. En la Edad Media árabes y chinos efectuaron algunas travesías oceánicas, ayudados por los monzones. Pero los europeos no se embarcaron en tales empresas hasta alrededor del 1500.

Hoy día la mayor parte del tráfico marítimo lo constituyen mercancías a granel, como petróleo, hierro, minerales, productos químicos industriales y granos. Las mercancías manufacturadas consisten principalmente en productos industriales pesados, como maquinaria, vehículos y diversos productos semimanufacturados. El tráfico de pasajeros se limita en gran parte a cruceros y líneas de transbordadores; los aviones han acaparado el tráfico transoceánico de pasajeros. En los cien últimos años se han dado tremendos avances en la construcción naval. Los modernos cargue-

Barcos de dos siglos

Galgos de los mares

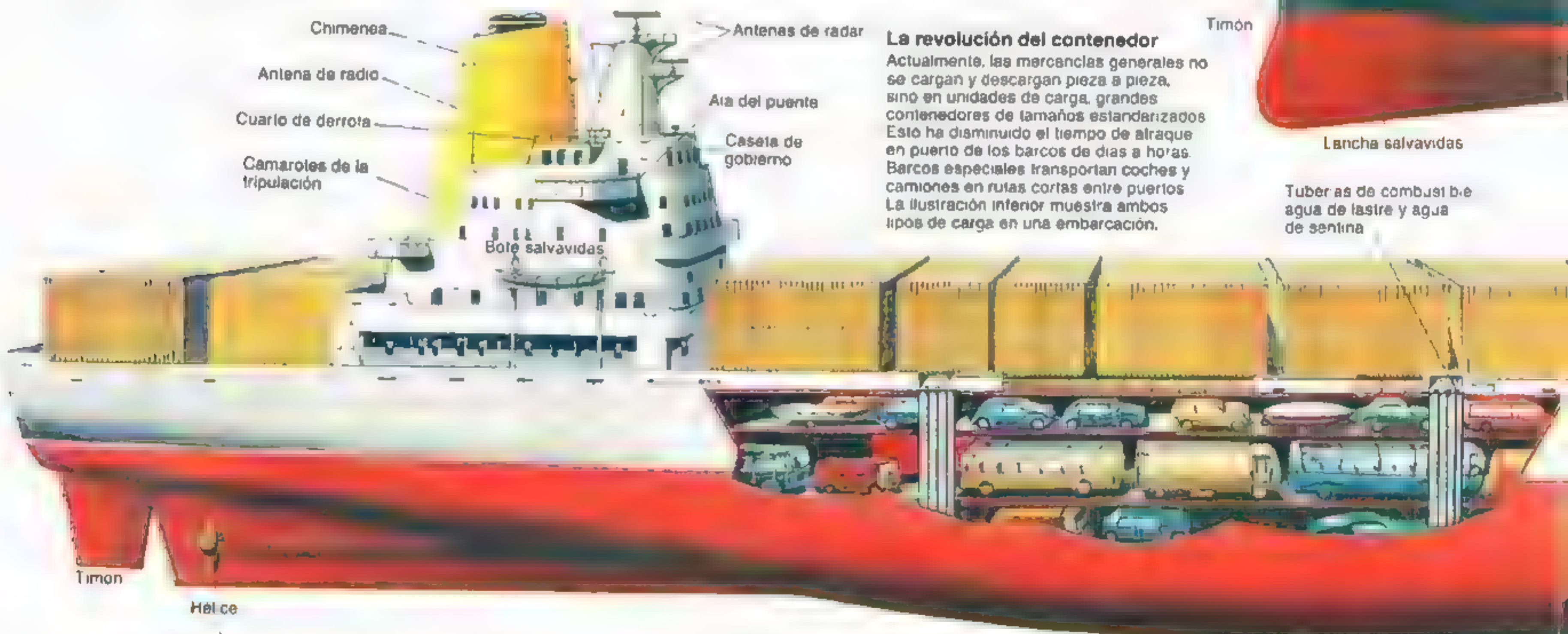
Tras siglos de desarrollo de embarcaciones de vela cuadrada, se llegó a los clipers británicos y norteamericanos de mediados del siglo XIX. Estos veloces barcos se crearon para desempeñar una labor concreta: trasladar a Europa y a Norteamérica cargas costosas y perecederas del Lejano Oriente, té principalmente. Las primeras entregas de la temporada podían alcanzar precios muy altos, lo que llevó a las famosas carreras por los mares. La era de oro de los clipers fue breve, al cabo de unas décadas fueron reemplazados por barcos de vapor.

Un moderno buque de carga

Debido a las demandas industriales de servicios de transporte marítimo rápidos y regulares, los vapores de ayer, los «obreros despreocupados» del mar, han sido casi totalmente eclipsados por los cargueros de línea regular. Estos barcos son veloces y están contruidos especialmente para transportar diferentes tipos de cargas. Suelen tener dos tripulaciones que se turnan: cuesta mucho tener un barco parado para que descansa toda la tripulación.

La revolución del contenedor

Actualmente, las mercancías generales no se cargan y descargan pieza a pieza, sino en unidades de carga, grandes contenedores de tamaños estandarizados. Esto ha disminuido el tiempo de atraque en puerto de los barcos de días a horas. Barcos especiales transportan coches y camiones en rutas cortas entre puertos. La ilustración inferior muestra ambos tipos de carga en una embarcación.



ros de línea tienen la misma tripulación que un cliper, entre 20 y 30 hombres, a pesar de que la capacidad de carga es cien veces mayor: 30.000 toneladas o más. El ruido, las vibraciones y la tensión son las principales molestias del moderno navegante, como los accidentes, el mal alojamiento, el frío, el calor y la humedad fueron las de sus predecesores.

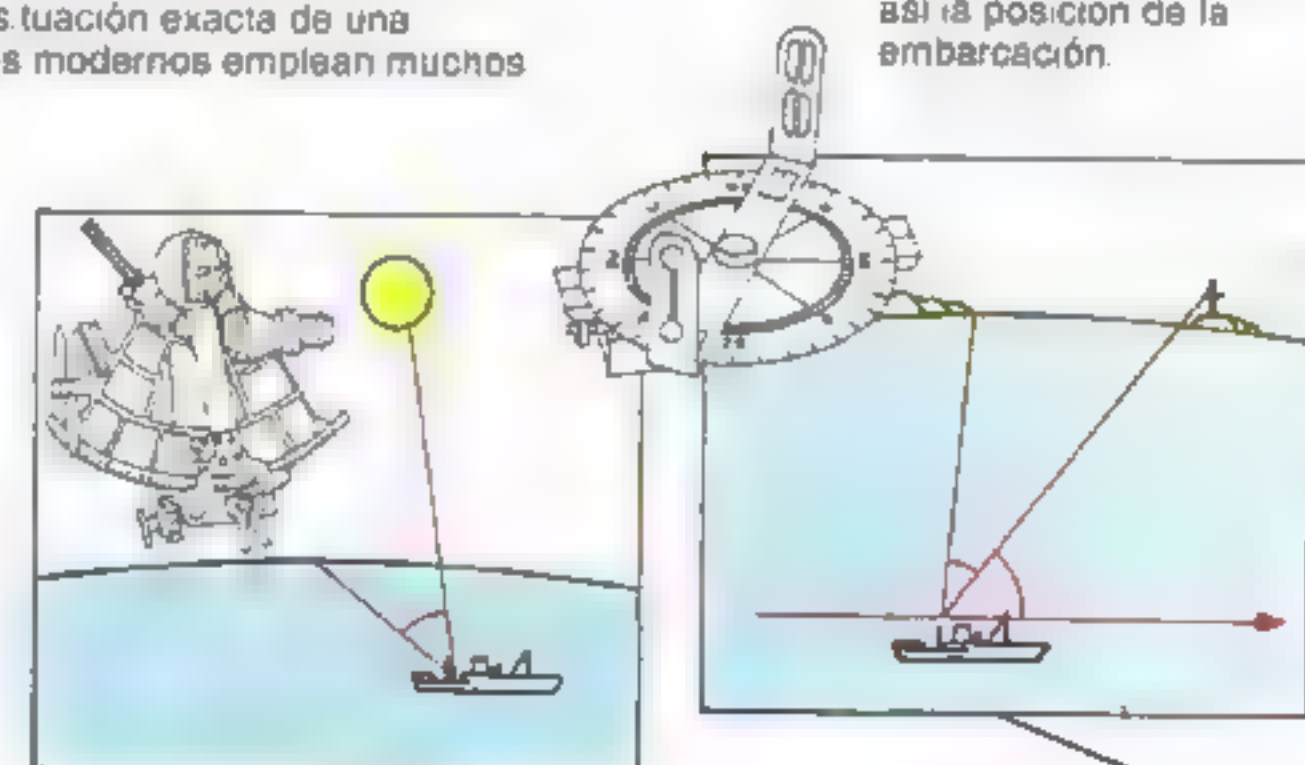
Los puertos, como los barcos, han cambiado. El aumento del tamaño de los barcos y la creciente demanda de espacio para el manejo de cargas han hecho que los puertos se trasladaran de las ciudades a nuevos emplazamientos en aguas profundas. El contenedor supone otro cambio importante. La idea no es nueva, la Edad Media tenía su propio sistema de unidades de carga en el barril o tonel. La palabra francesa tonel, «tonne», dio nombre a la unidad de medida. Los modernos contenedores estandarizados (de una longitud de 24 y 48 pies) han hecho variar los diseños y las labores de puertos y barcos. Los barcos tienen ahora un tiempo de estancia en puerto muy breve y la navegación tiende a concentrarse en unos pocos centros grandes. El puerto de más tráfico hoy día es Rotterdam, con un registro de unos 270 millones de toneladas de carga en 1978.

Orientándose en el mar

En alta mar y en aguas costeras peligrosas, tiene una importancia vital conocer la situación exacta de una embarcación. Los navegantes modernos emplean muchos métodos.

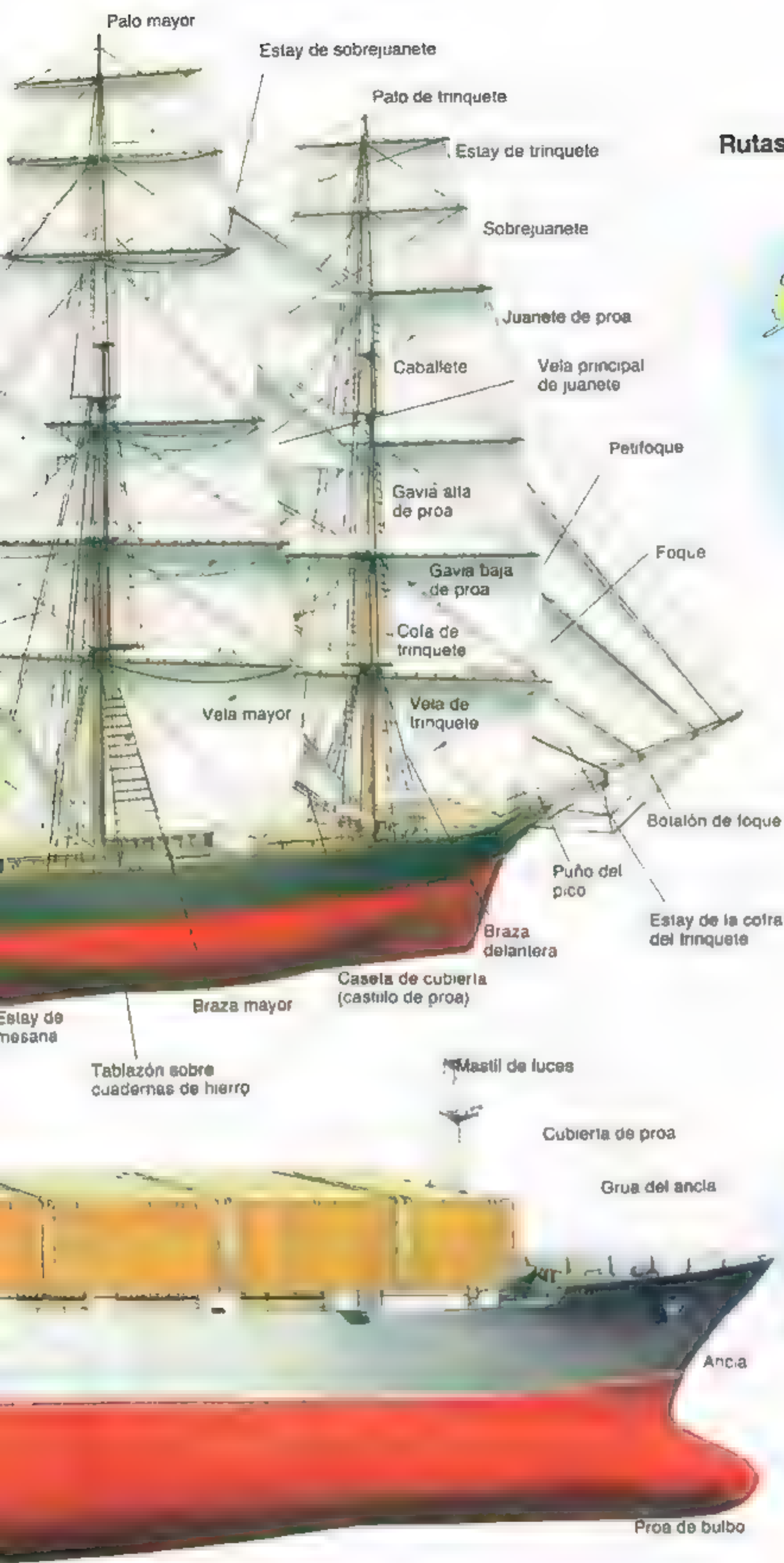
La navegación astronómica

La altura del Sol o de una estrella equivalente sobre el horizonte en una posición sur da la latitud. La longitud puede determinarse registrando el momento exacto de la lectura. La altura del Sol se mide con un sextante.

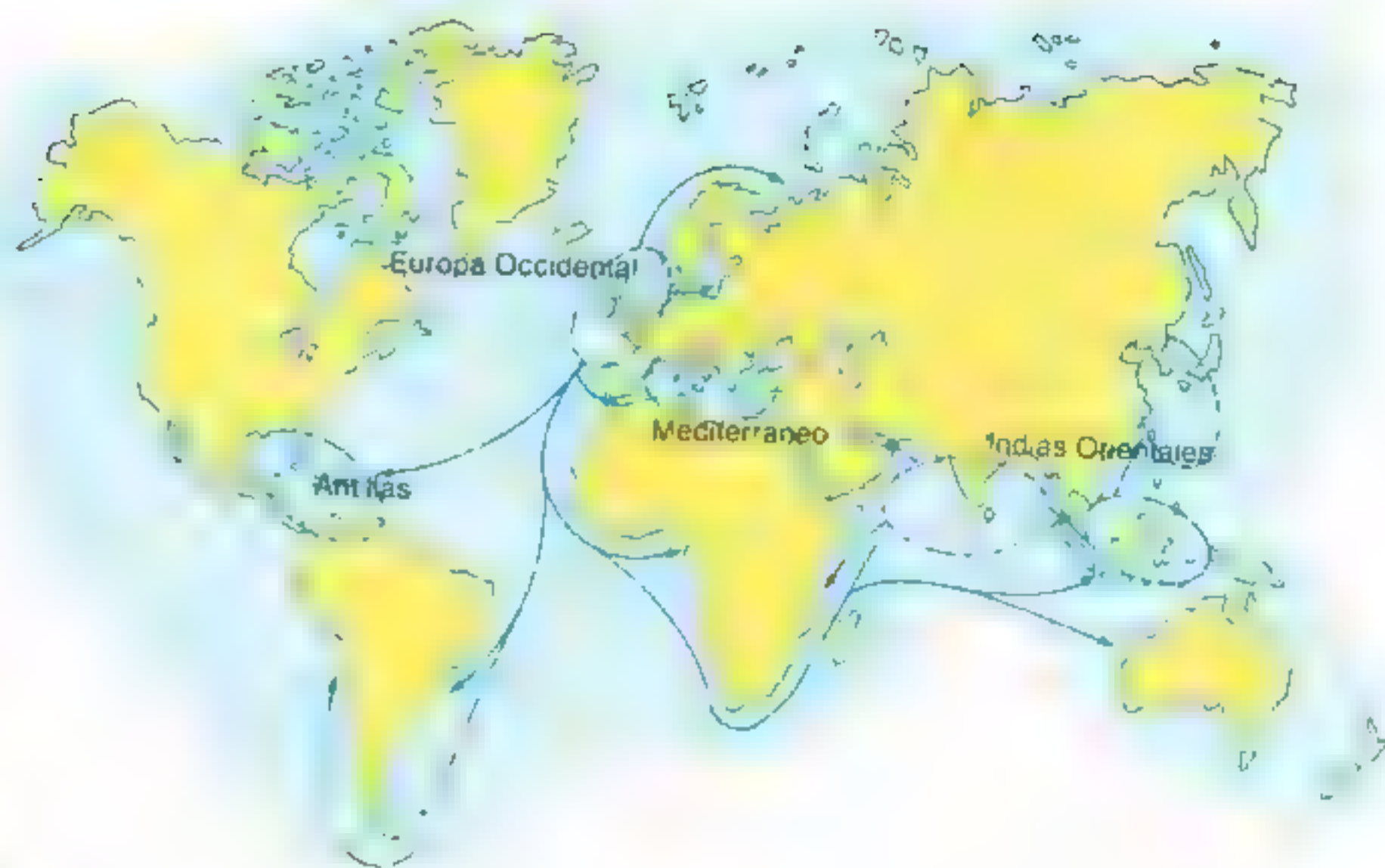


Demoras

Las demoras (ángulos horizontales) de dos puntos cuya posición es conocida pueden leerse en una tabla de demoras, determinando así la posición de la embarcación.



Rutas de ayer y de hoy

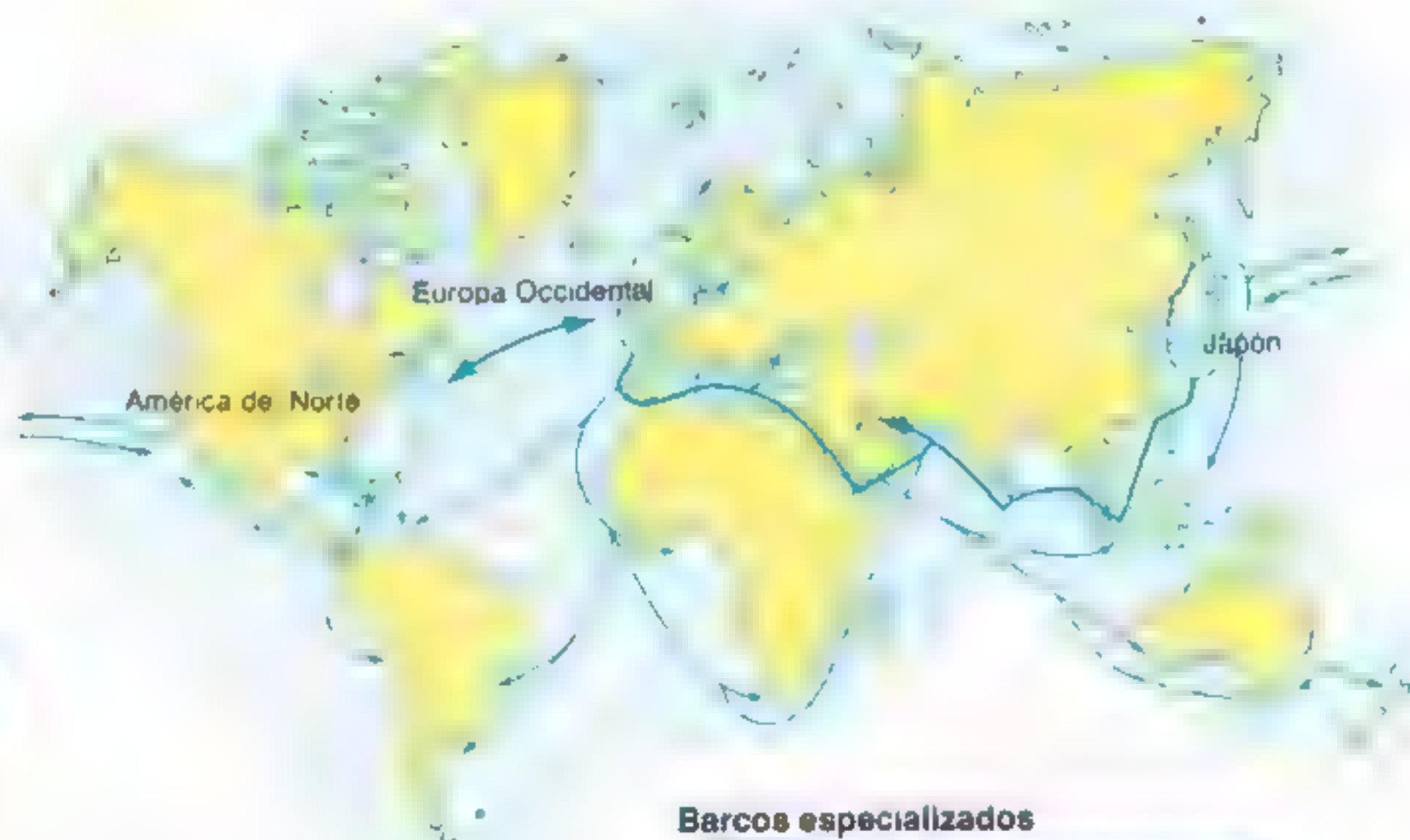


Las rutas marítimas del pasado

Las rutas marítimas no las fijaron solo la tierra y los vientos, sino la localización de las mercancías. Hasta el siglo pasado, las zonas principales eran Europa Occidental, los países mediterráneos, las Antillas y la India.

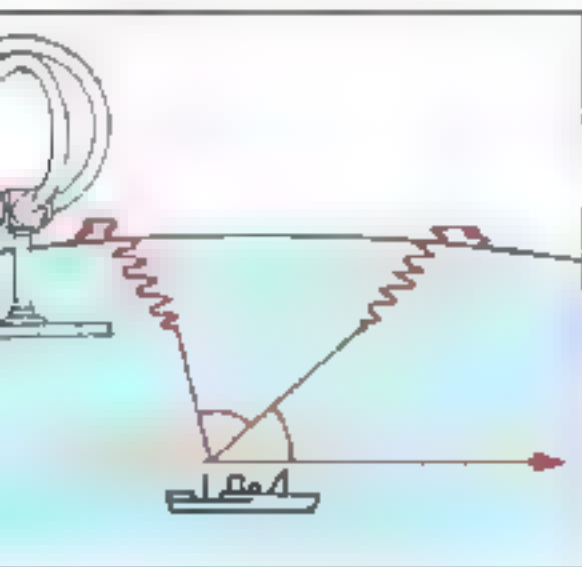
Las rutas marítimas de hoy

Las fija, como el pasado, la geografía económica mundial. Se mueven entre las regiones altamente industrializadas de Europa Occidental, Norteamérica y Japón, y entre estas y las zonas productoras de materias primas. La materia prima principal por volumen y valor es el petróleo.



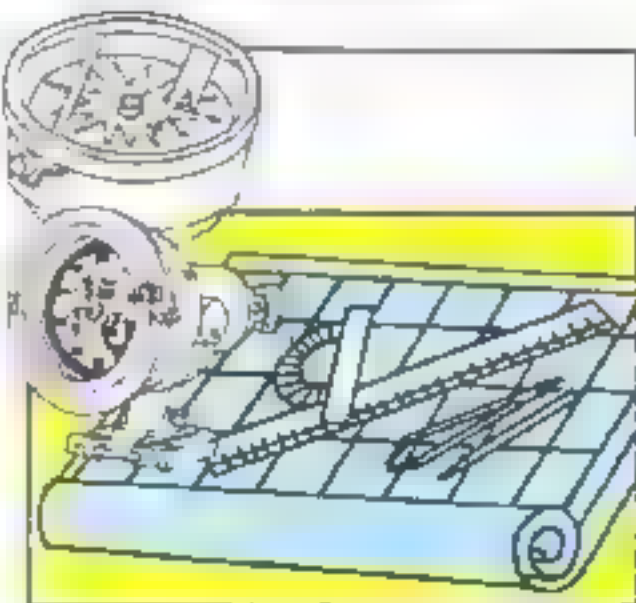
Radiogoniometría

Se pueden fijar las coordenadas de dos transmisores de radio mediante un receptor con antena direccional.



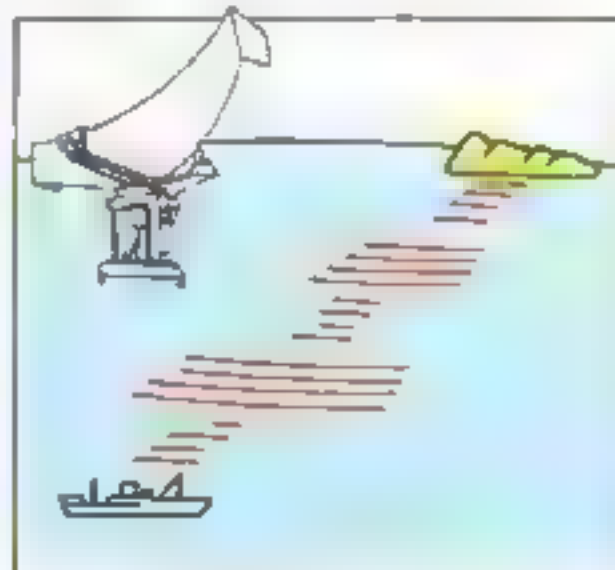
Estima

El rumbo del barco (indicado por la brújula) y la distancia recorrida (indicada por la bitácora) dan una idea aproximada de la posición del barco.



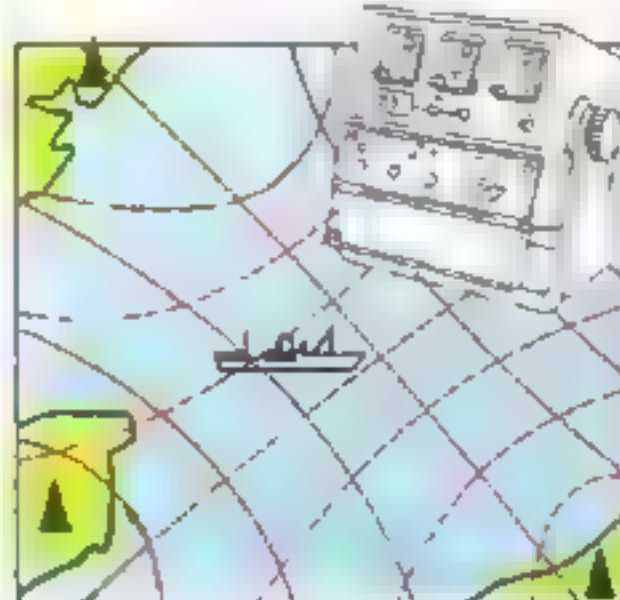
La navegación por radar

La reflexión de las ondas de radio da la situación y la distancia a costa, islas y boyas.

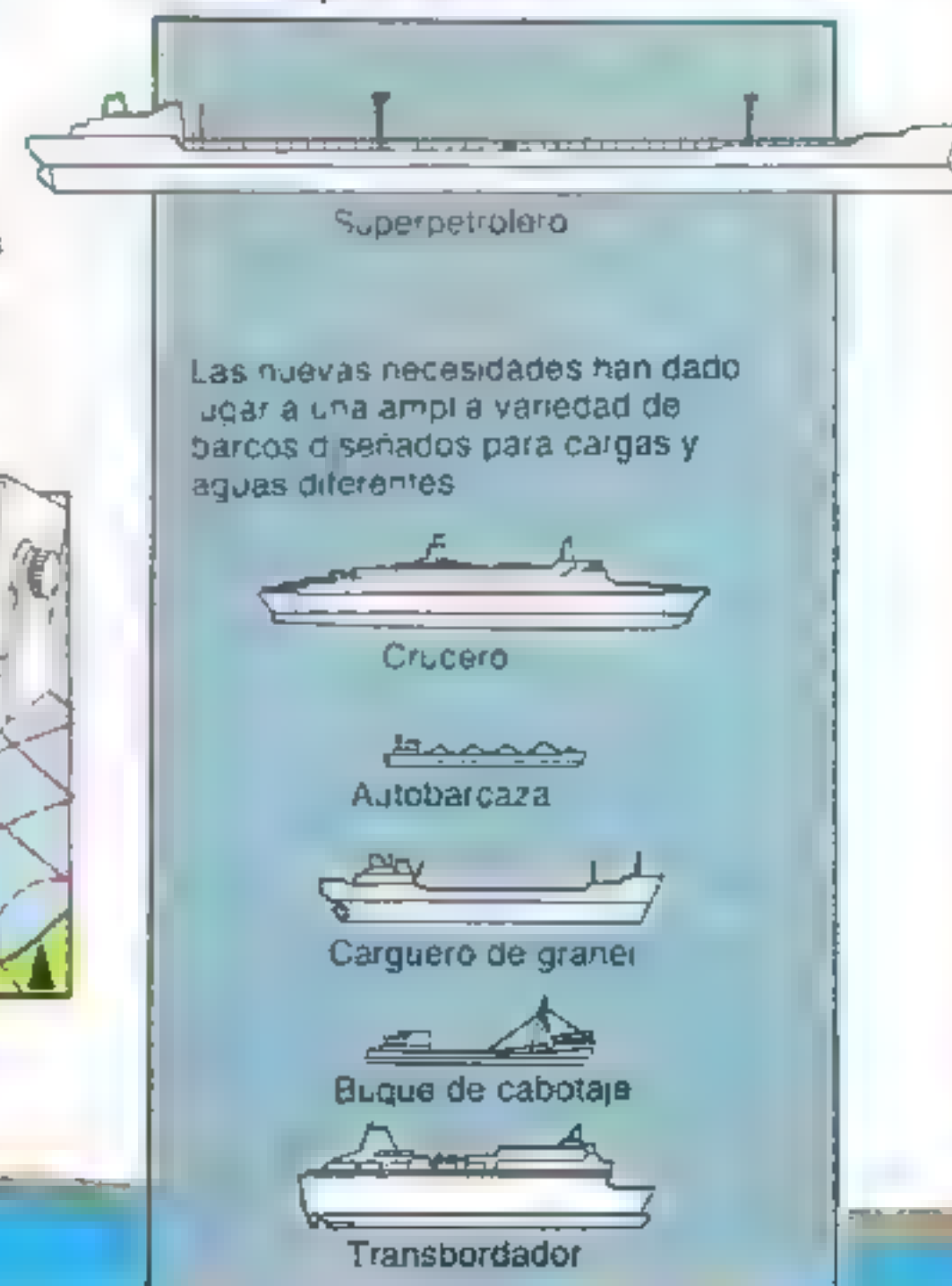


Radionavegación

El cambio de fases de las señales de tres transmisores especiales proporciona una posición muy exacta.



Barcos especializados



El hombre y la hidrosfera

Tanto en las regiones áridas como en las zonas industrializadas, el agua limpia es una sustancia escasa y valiosa.

Aguas de superficie y aguas subterráneas

Los antiguos persas que habitaban estepas y desiertos consideraban como sagrada toda el agua corriente. En la lluviosa Europa no ha existido esta sana reverencia hacia el agua. Hace más de 500 años, el agua de los ríos que atraviesan las ciudades fue ya considerada peligrosa para el consumo; la industrialización, el aumento de la población y los nuevos productos químicos tóxicos han agravado el problema.

La instalación de sistemas de alcantarillado y el mayor uso de agentes limpiadores han aumentado la cantidad de fósforo de ríos y lagos. Este exceso de alimento o eutrofización da como resultado un crecimiento explosivo de algas que consumen el oxígeno del agua, produciendo la muerte de peces y el empobrecimiento del sistema ecológico. La descuidada eliminación por la industria de los compuestos de mercurio y de otros metales pesados ha producido una grave contaminación del agua. Según avanza por las cadenas alimentarias, el mercurio se concentra hasta producir graves daños a los nervios de las aves que se alimentan de peces y a los seres humanos.

Las aguas residuales pueden purificarse. Anteriormente se realizaba mediante un proceso mecánico de sedimentación y filtración. Hoy día se emplean métodos químicos para precipitar las sales nutritivas y métodos biológicos para añadir oxígeno a las aguas residuales, acelerando la descomposición de la materia orgánica. Gracias a un eficaz programa de tratamiento de aguas residuales, el río Támesis puede vanagloriarse de contar hoy con 105 especies de peces; en agosto de 1983, por primera vez en 150 años, se capturó un salmón con caña.

Las aguas subterráneas están también amenazadas, en parte debido a su extracción. El petróleo y los fenoles de los basureros y los fertilizantes de nitrógeno pueden envenenar las aguas del suelo. Una vez en el suelo, los nitratos de los fertilizantes se convierten en nitritos que pueden transformarse en el cuerpo humano en sustancias cancerígenas.

Mares interiores y océanos

Los mares interiores, con su limitado volumen de agua, tienen bastante en común con los lagos. La eutrofización produce una falta de oxígeno en las aguas profundas. Cuando la descomposición normal de la materia orgánica deja de realizarse, se genera sulfuro de hidrógeno. Los venenos, como el mercurio y los hidrocarburos clorinados, pueden alcanzar altas concentraciones; en el Báltico han afectado a los peces e, indirectamente, a focas y águilas.

En los océanos, con sus grandes masas de agua, estos problemas no son tan evidentes, aunque a largo plazo tienen la misma gravedad. Existe el peligro de que la producción de plancton vegetal se vea reducida por los hidrocarburos clorinados como el DDT, encontrado en pingüinos de la Antártida. El vertido de residuos químicos y radiactivos en zonas de alta mar despierta preocupación en los últimos años. No conocemos suficientemente la circulación del agua del mar entre las profundidades y la superficie, y estos venenos pueden invadir las cadenas alimentarias y concentrarse en ellas.

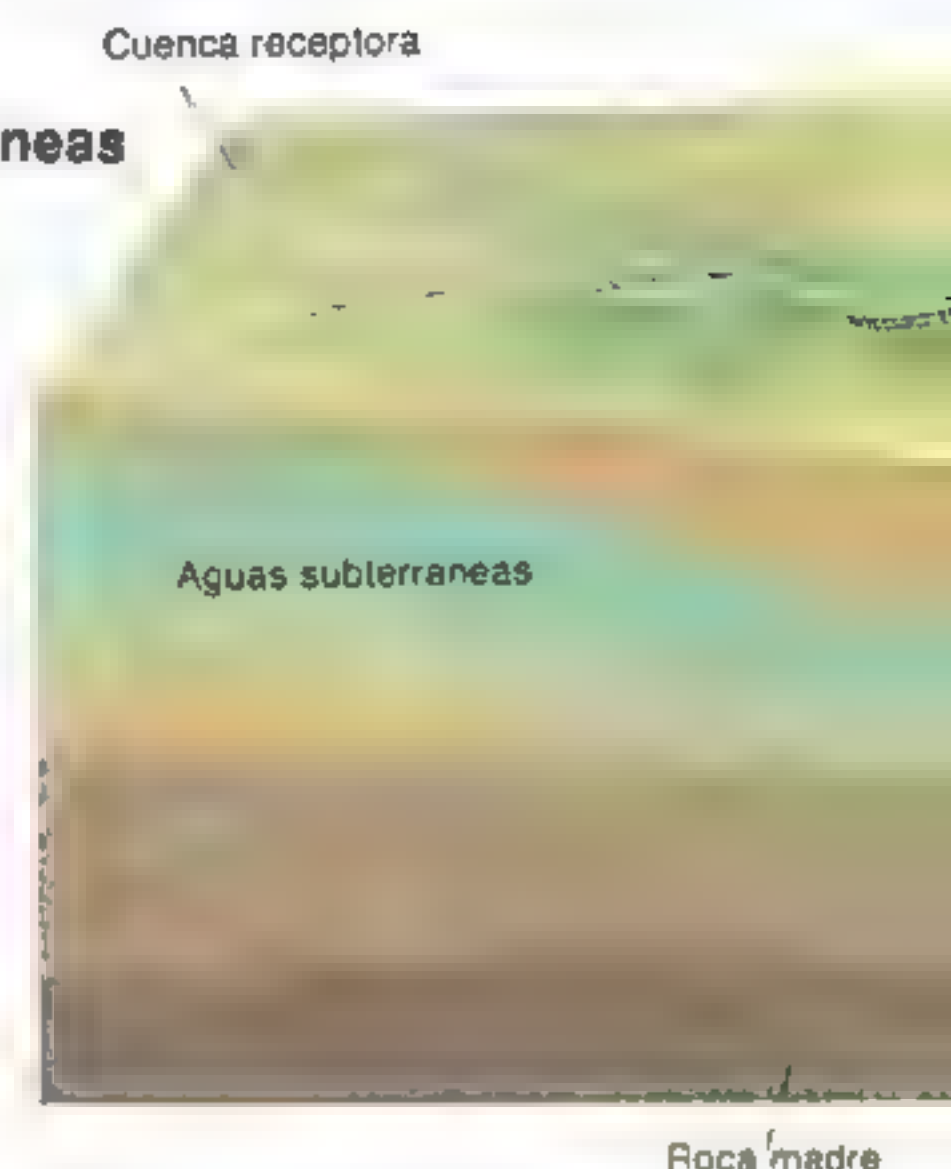
Los derechos sobre las aguas terrestres y marítimas

El derecho a usar las aguas de los ríos que atraviesan fronteras nacionales ha causado a veces conflictos locales. Los derechos del mar producen disensiones a escala global. La doctrina de la «libertad de los mares» de los siglos XVIII y XIX es ya algo del pasado. En la década de 1970 las naciones empezaron a reclamar amplias zonas de mar y actualmente las aguas de zonas cerradas, como el Mar del Norte, están divididas en zonas económicas. Las disputas por el derecho a utilizar los recursos de los océanos libres han creado desacuerdos internacionales. Las naciones industriales con la tecnología necesaria reivindican su derecho a explotar los océanos. Los países pobres y los que no tienen salida al mar exigen que estos recursos se administren internacionalmente como herencia común de la humanidad. La tensión ha disminuido en cierta medida al moderarse las exageradas expectativas de grandes beneficios en la explotación del fondo marino.

Aguas de superficie y subterráneas

La mala gestión del hombre

La destrucción de la vegetación del suelo y el drenado de tierras húmedas disminuye la infiltración de las aguas de superficie, haciendo bajar el nivel de la capa freática, que puede descender aún más por las excesivas demandas para fines municipales e industriales. Se extrae el agua dulce, se emplea en hogares e industrias y se vuelve a liberar como agua de superficie contaminada. Los regadíos intensivos, por otro lado, pueden aumentar las infiltraciones hasta que el nivel freático llega a la superficie. En las regiones áridas, la evaporación excepcional de los suelos anegados provoca la precipitación de las sales de estas aguas subterráneas y con el tiempo el suelo salino se vuelve inservible para la agricultura.

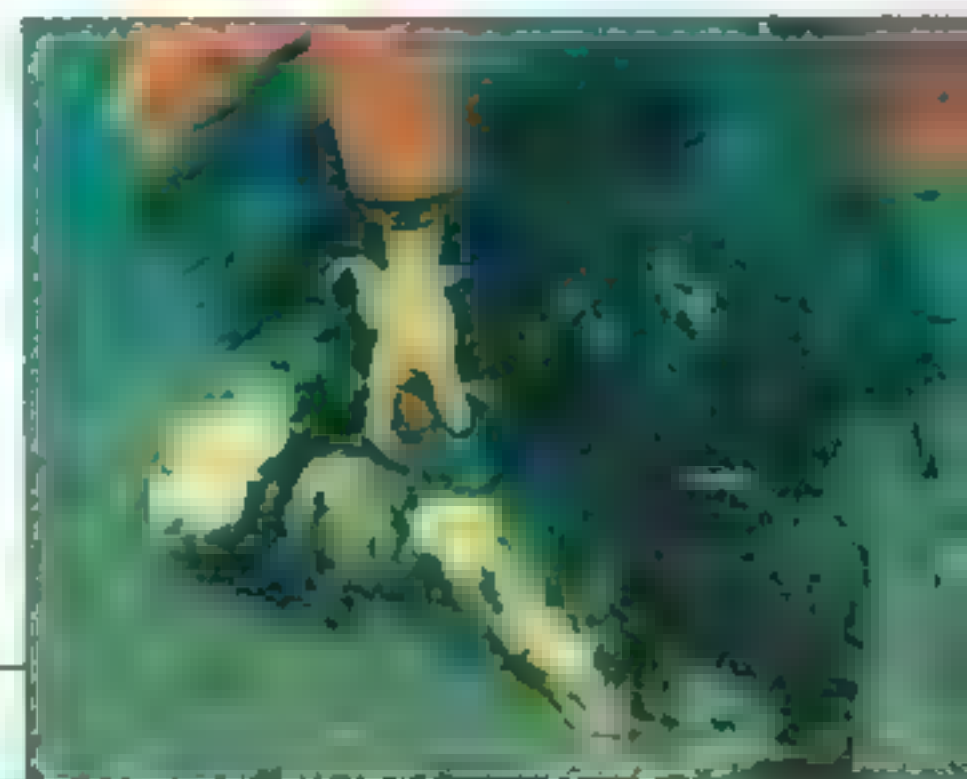


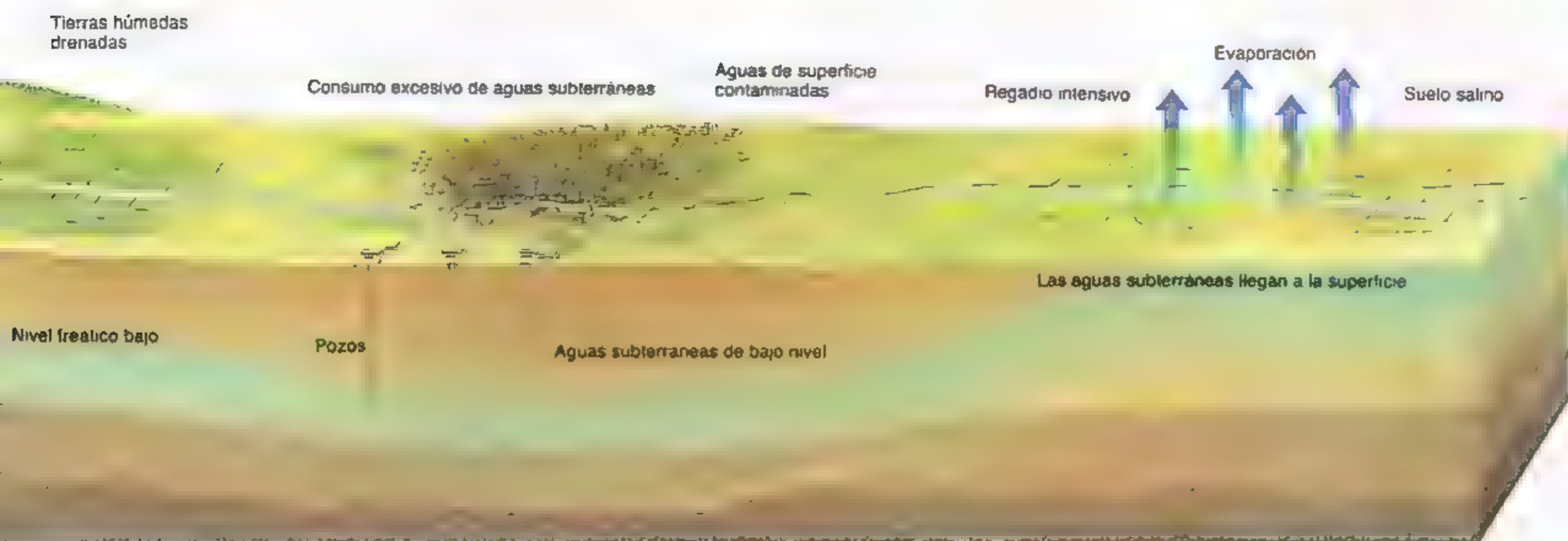
Roca madre

Las perspectivas no son totalmente negativas. Se han firmado y puesto en práctica acuerdos internacionales sobre el vertido de petróleo en aguas vulnerables, aunque tales acuerdos se violan con frecuencia, demuestran que se puede llegar a acuerdos en temas concretos, espíritu con el que se deberían proseguir las conversaciones.

Muertos por el petróleo

En muchas aguas es ilegal verter agua de lastre mezclada con petróleo, aunque se sigue haciendo. Las verdaderas catástrofes petrolíferas se producen cuando se hunden los grandes petroeros (abajo). La limpieza posterior es una tarea costosa que lleva tiempo. La muerte de muchas aves marinas (derecha) despierta la indignación pública, aunque la contaminación petrolífera es más peligrosa para los organismos que están bajo la superficie: peces y alevines, crustáceos y algas. En la actualidad se procura eliminar el petróleo del agua mediante productos químicos en lugar de hundirlo.





El envenenamiento de las aguas del globo

Vertidos en el mar

La práctica de verter residuos químicos y radiactivos en las profundidades marinas data ya de algunos años. Con el tiempo los contenedores pueden sufrir los efectos de la erosión, liberando su contenido venenoso en el agua. No se conoce aún bien la circulación de las aguas profundas y superficiales (flechas) y puede que este proceso sea más rápido de lo que pensábamos, con lo que los venenos se extienden a los estratos biológicamente activos. Los oceanógrafos han descubierto corrientes en las partes más profundas del océano.



La eutrofización,

la sobrealimentación del agua, produce la proliferación de las algas y la falta de oxígeno en el agua. Puede deberse a los fosforos de nitrógeno de las aguas residuales o, como aquí, a los fertilizantes nitrogenados de las tierras de cultivo.



El envenenamiento del medio ambiente

se ha incrementado debido a la industria y la agricultura. Las sustancias tóxicas, como el DDT y el PCB, producen graves daños en los mares interiores, como el Báltico donde el ritmo de intercambio del agua no es muy grande.

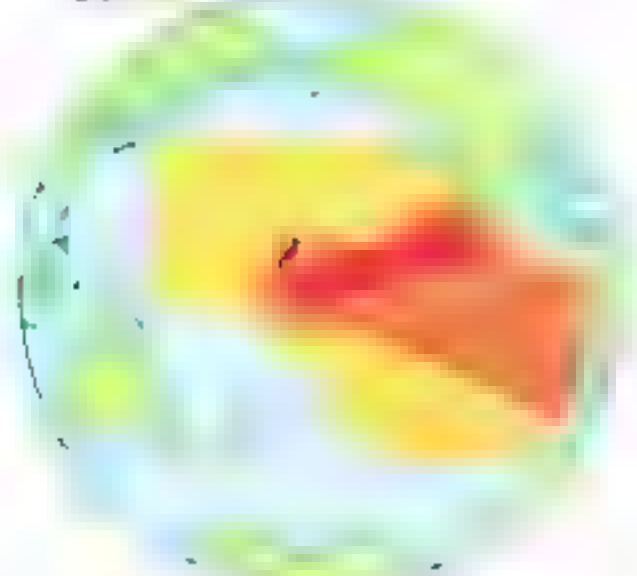


La pesca abusiva

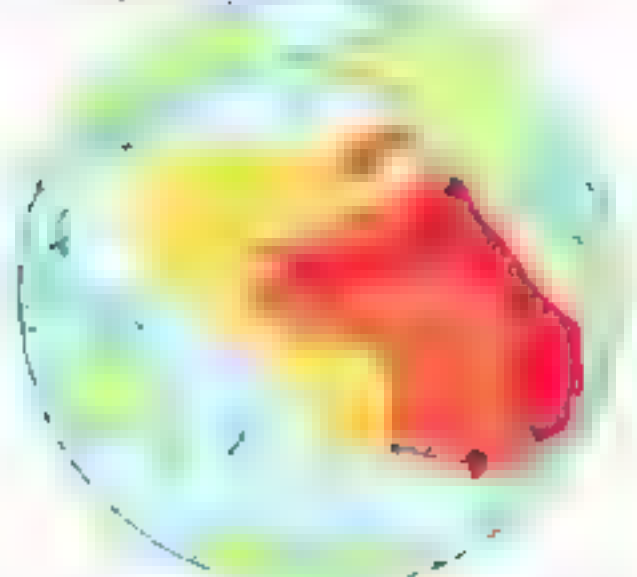
no conduce necesariamente a la extirpación, aunque altera el equilibrio entre las diferentes especies. Cuando disminuyen las capturas, surgen graves problemas para pescadores e industrias pesqueras.



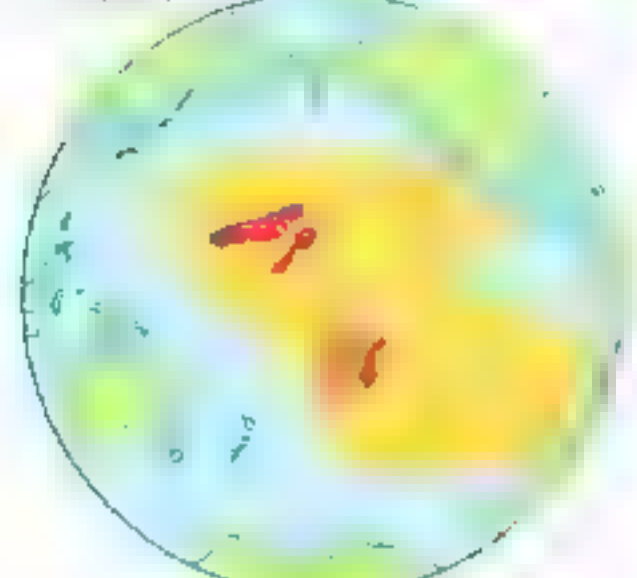
Cobre



Níquel

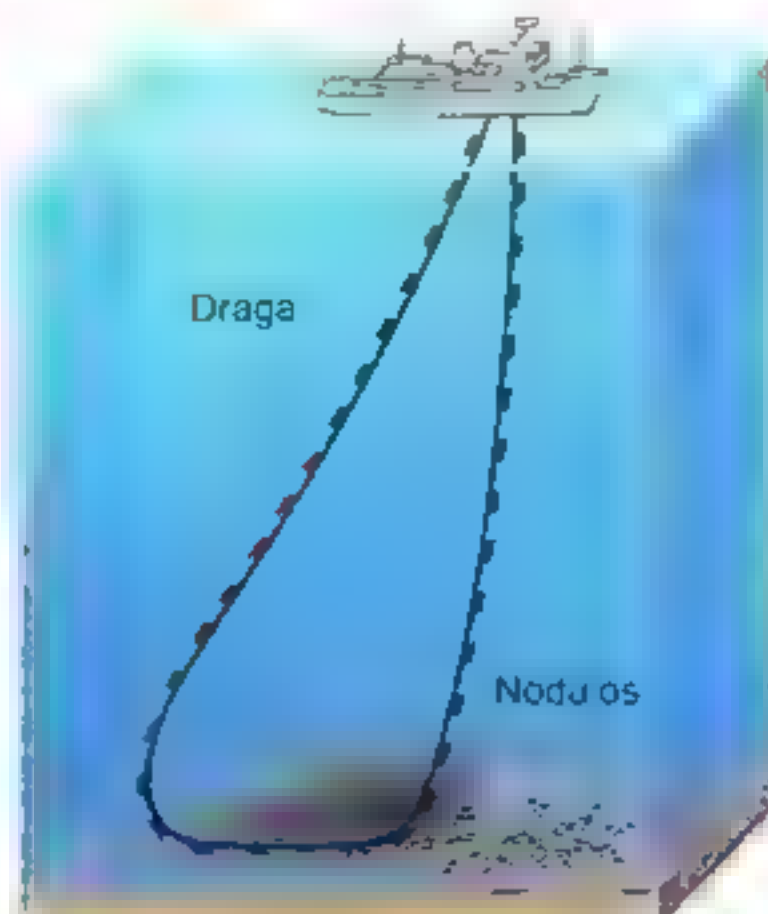


Cobalto



La minería del fondo marino

Grandes zonas de los suelos oceánicos están salpicadas de nódulos minerales del tamaño de un puño. Contienen principalmente manganeso, además de cierta cantidad de cobre, níquel y cobalto; la proporción varía según su localización (mapa, izquierda). Hay proyectos avanzados para la explotación de estos recursos minerales. Uno de estos proyectos consiste en dragar el lecho del Pacífico mediante un sistema gigantesco de dragado por cangilones (abajo).



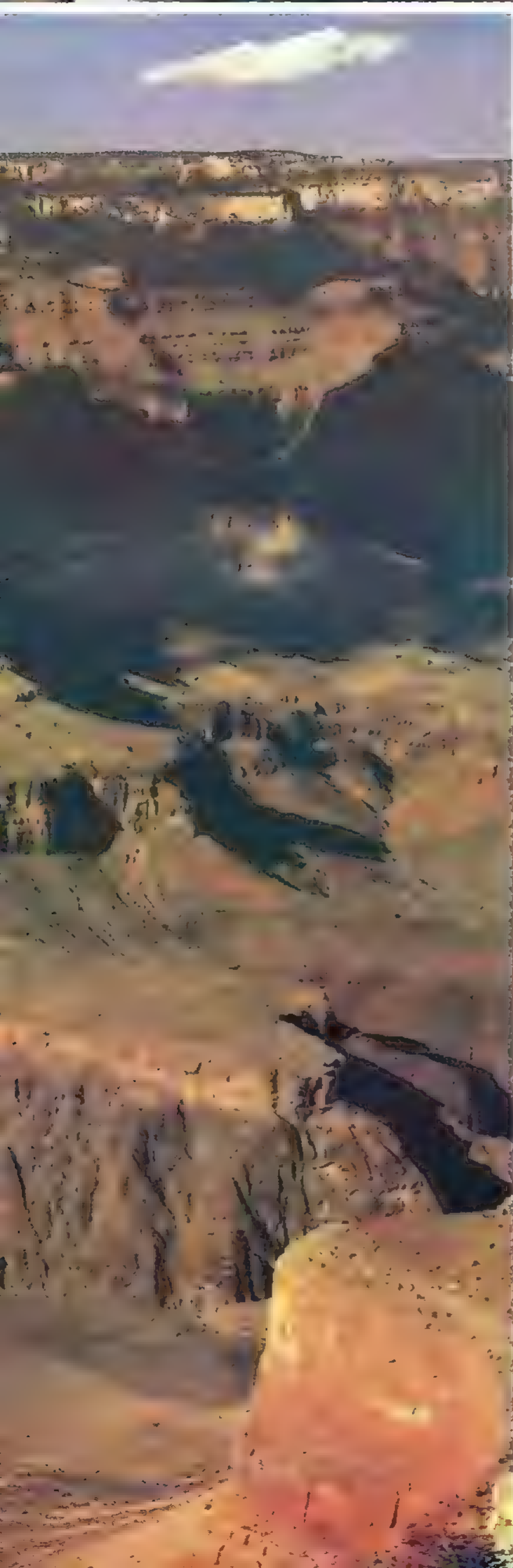
Los muros en el mar

se han hecho realidad en los últimos años no físicamente pero sí legalmente. Las plataformas continentales se han dividido entre las naciones que bordean

los mares, dándoles el derecho de explotar los recursos naturales (abajo, Mar del Norte). Los países sin salida al mar o con poca litorales han sido los perdedores.







La Tierra

La Tierra es una sustancia tangible. Pero nada en ella resulta notable a primera vista, por lo que su elevación a uno de los cuatro elementos primarios debió quizá de producirse con poca convicción y sólo porque la materia en estado sólido requería también un lugar entre los elementos primigenios, junto con el gas aire y el líquido agua. No es, pues, sorprendente que ninguno de los primeros filósofos reconociera la importancia fundamental de la Tierra.

No obstante, esto no significa que la corteza terrestre y la materia que contiene no fueran tema de especulación filosófica. Se extrajeron metales del suelo, y la transformación, mediante el fuego incandescente, del mineral gris en metal reluciente inflamó la imaginación del hombre: si la piedra podía convertirse en metal, ¿no se podría transmutar el plomo y otros metales viles en oro?

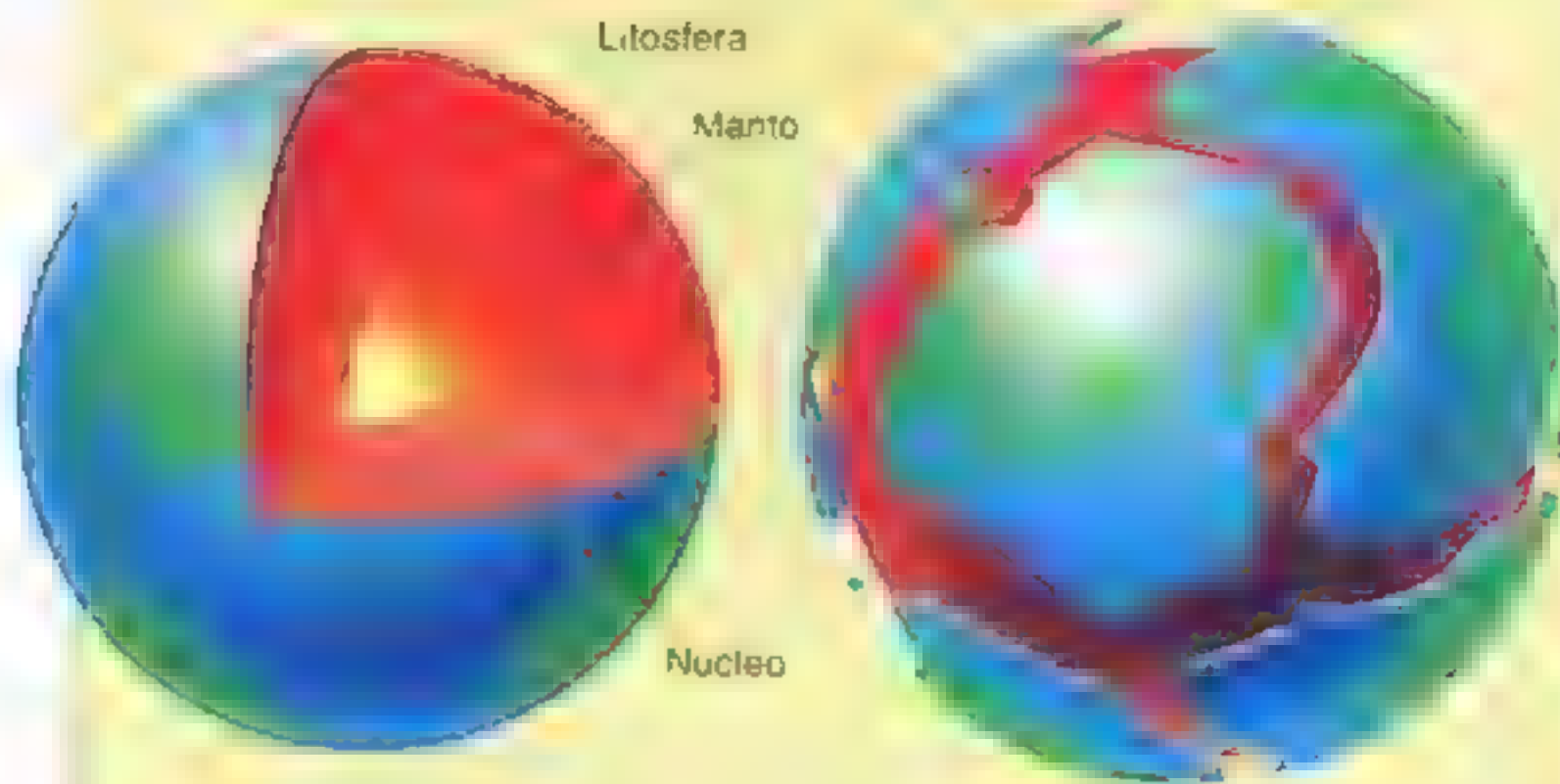
Así nació la alquimia de la antigua Alejandría y pasó a la Europa Medieval a través de los árabes. Las teorías de los alquimistas consistían casi enteramente en especulaciones secretas, aunque sus experimentos prácticos aportaron nuevas técnicas; por ejemplo, la destilación llevó al descubrimiento de nuevos elementos, como el fósforo, y con el tiempo sembró las semillas de la química científica.

La geología, la ciencia de la corteza terrestre, se inició en 1830, cuando el científico inglés Lyell tuvo el valor de afirmar por escrito que nuestra Tierra no había sido creada en el año 4004 a. de C., como afirmaban los eruditos teólogos, sino que tenía en realidad millones de años de antigüedad. La geofísica, la geología y la mineralogía forman la base de un grupo de ciencias especiales a las que se denomina colectivamente ciencias de la Tierra. En nuestra época se ha producido una revolución en la forma de ver la Tierra. La corteza se contempla ahora como un mosaico de placas, con los continentes desplazándose por la superficie del globo. Esta nueva teoría de la «tectónica de placas» nos ha permitido conocer la formación de minerales y menas, aunque también ha obligado a los científicos a reevaluar disciplinas aparentemente inconexas, como la paleontología, la ciencia de los animales y las plantas extinguidas.

El hombre mismo se ha convertido en una fuerza geológica, excavando y volando, drenando y rellenando hasta tal punto, que en muchos lugares sus implacables actividades han expuesto al suelo a los estragos de la erosión. El estrato superficial de vida que cubre la corteza de la Tierra, la biosfera, depende esencialmente de la frágil capa de suelo que existe bajo la superficie verde. Nosotros formamos parte de ese estrato vulnerable, aunque solemos olvidarlo, en nuestra búsqueda de beneficios a corto plazo.

La corteza terrestre

La estructura de la Tierra



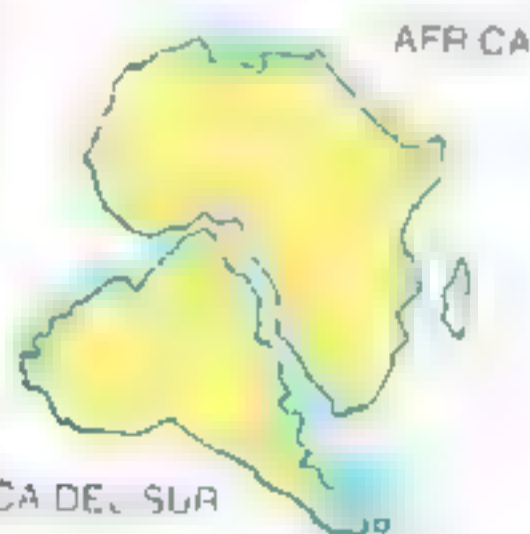
Debido a las enormes presiones, de cerca de los 3.5 millones de atmósferas, el núcleo interior de hierro de la tierra se encuentra en estado sólido en el centro, a pesar de la temperatura de aproximadamente 5.000 °C. Alrededor de este núcleo hay un manto viscoso de silicatos.

La capa exterior de la litosfera está también formada por silicatos. La superficie de esta capa, la corteza, equivale al glaseado de una tarta. La litosfera se divide en placas rígidas (derecha) que se mueven unas respecto de las otras, activadas por las corrientes del manto.



Alfred Wegener

publicó su teoría de la deriva continental en 1912. Elaboró esta idea al comprobar que África y América del Sur encajan a lo largo de los límites de su plataforma continental y se han encontrado los mismos fósiles a ambos lados del Atlántico Sur. Sin embargo, esta teoría no fue aceptada universalmente hasta mediados de 1960. Wegener murió durante una expedición a Groenlandia en 1930.



La deriva de los continentes

Los científicos están intentando reconstruir el aspecto de la Tierra durante las primeras eras geológicas con ayuda de los datos paleomagnéticos. Estos datos indican la orientación de las partículas magnéticas de los minerales según el campo magnético de la Tierra en la época en que estos se formaron. La tarea es ardua y las diversas reconstrucciones difieren con frecuencia en los detalles.

La Tierra hace 300 millones de años

Durante el periodo Carbonífero los continentes se unieron. Posteriormente, en la era Mesozoica, formaron un supercontinente, el «Pangea» de Wegener.

Hace 180 millones de años

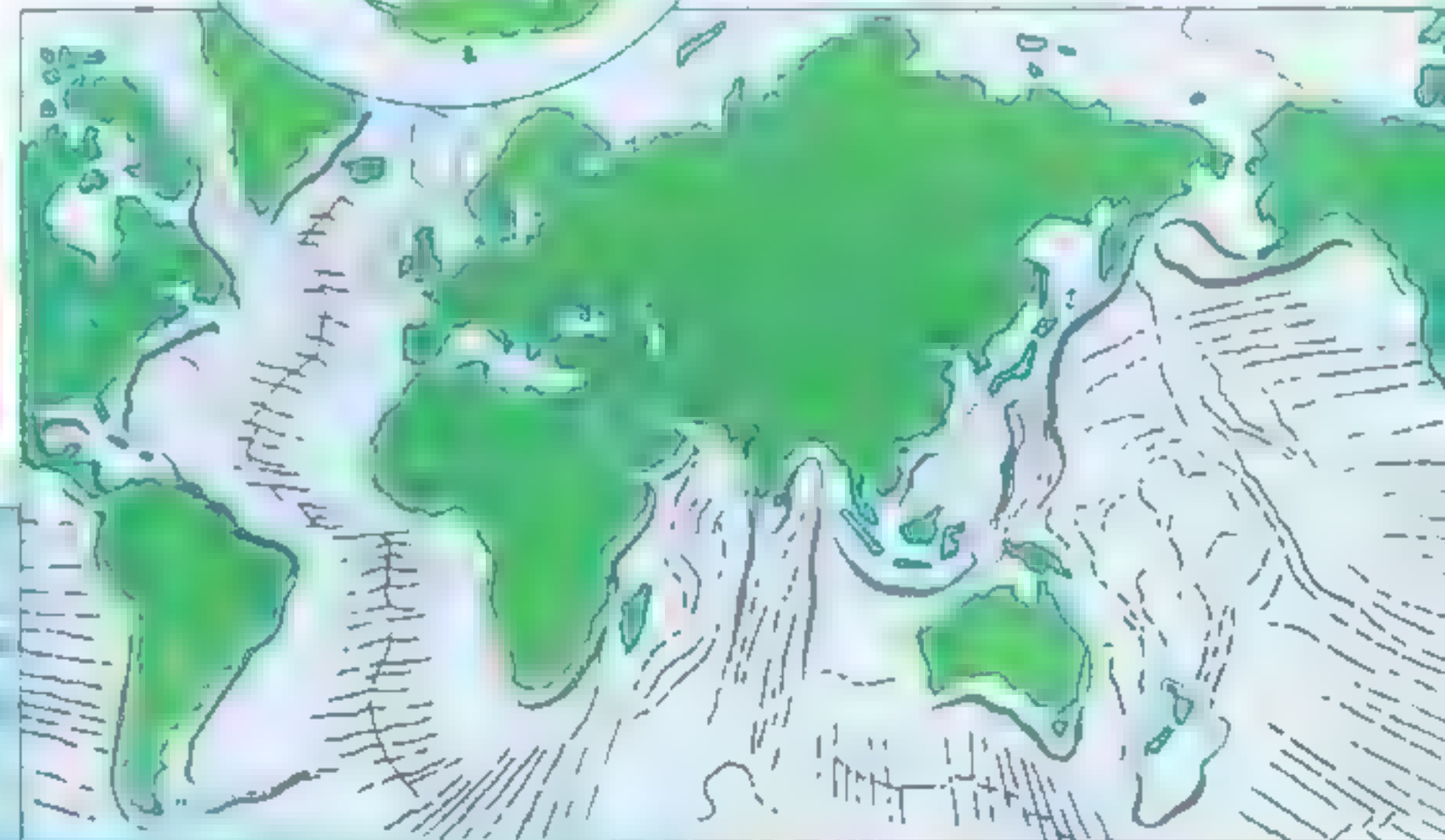
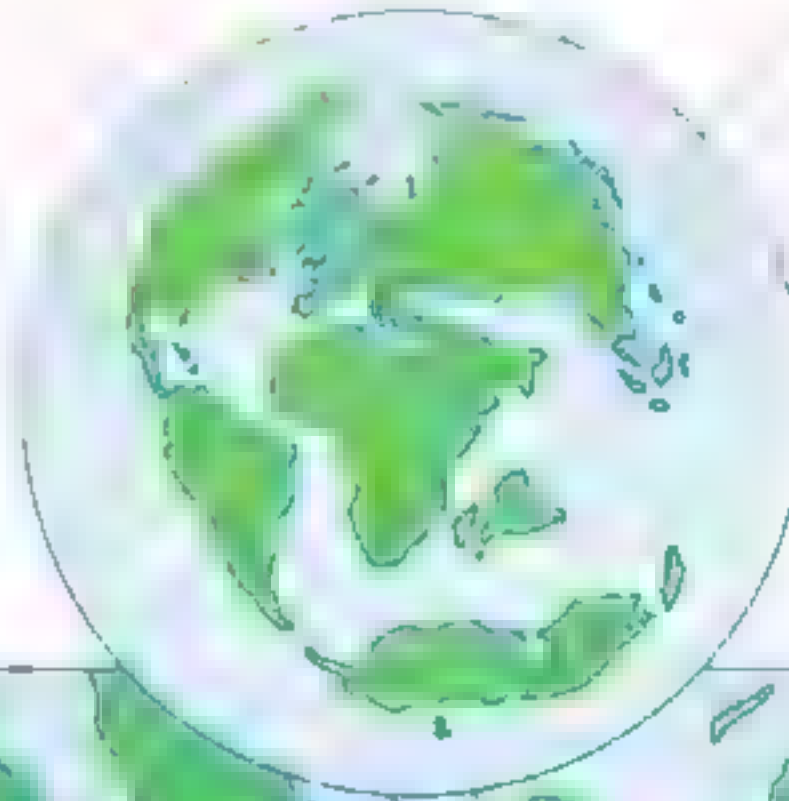
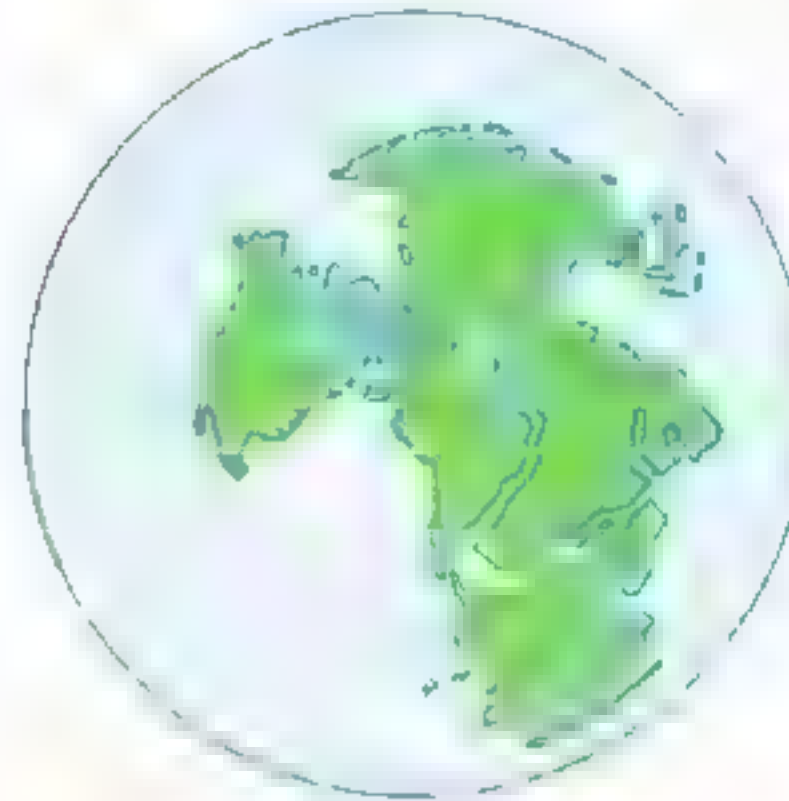
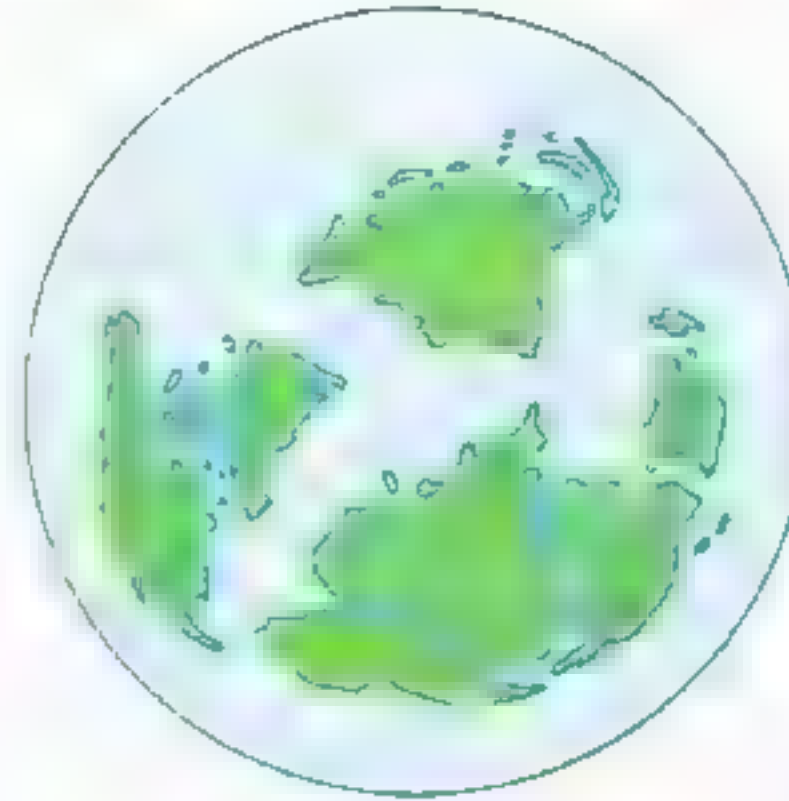
En el Jurásico el supercontinente comenzó a dividirse. Fue la época de máximo esplendor de los dinosaurios.

Hace 60 millones de años

Al comienzo de la era Cenozoica tras la extinción de los dinosaurios el Atlántico Sur era ya un océano abierto. La India se estaba desplazando hacia Asia, aunque Australia estaba todavía unida a la Antártida.

La Tierra hoy

Los contornos de los continentes no han cambiado mucho en 300 millones de años. Sin embargo, su situación actual no es más que la última fase de un proceso de cambio constante. Los estudios de las dorsales (abajo) y de las zonas de fractura han permitido a los científicos describir los movimientos de las placas de la corteza.

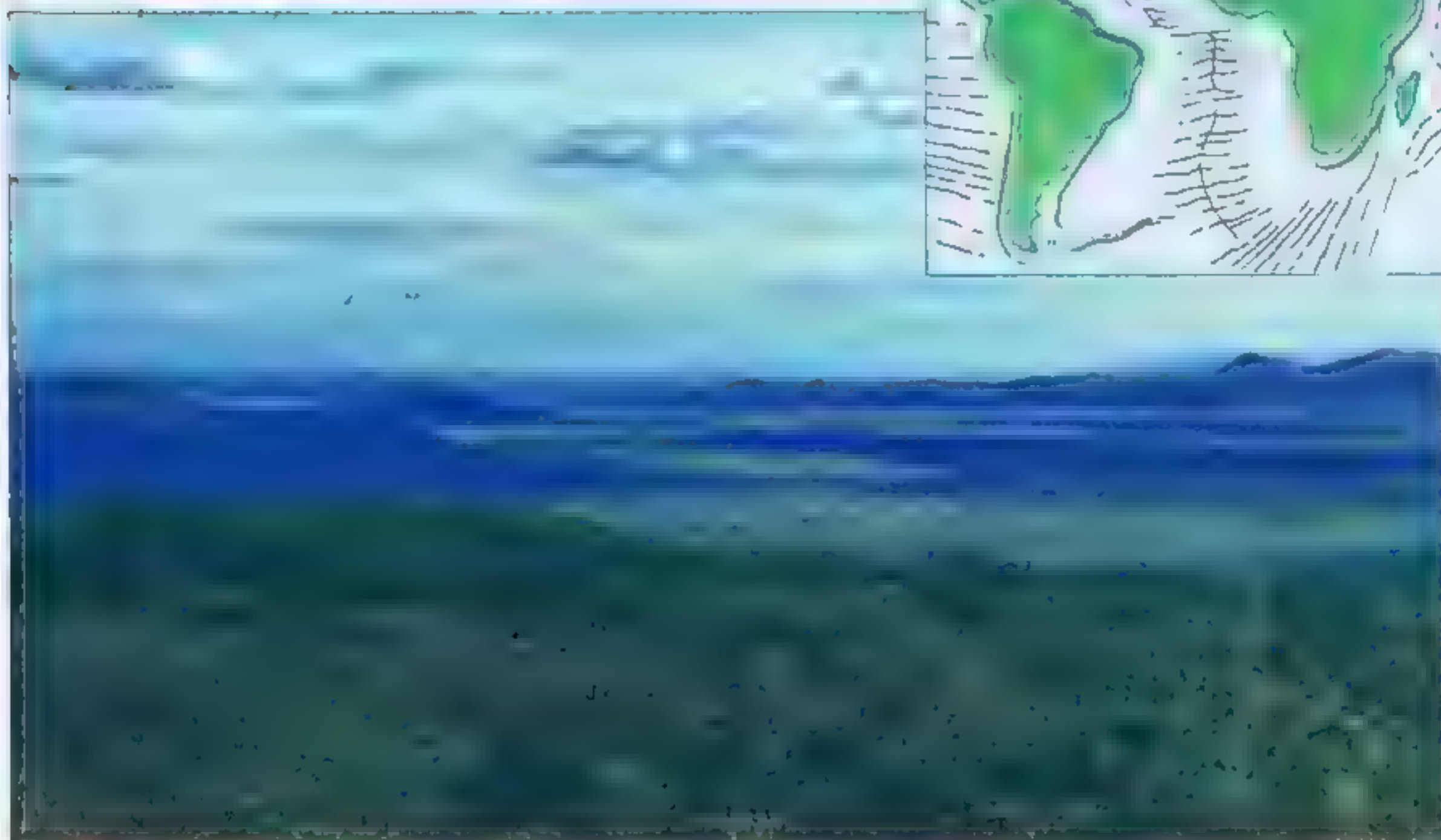


AFRICA OCCIDENTAL AFRICA ORIENTAL



División de un continente

Los continentes se pueden unir y separar. Este último proceso se está dando a lo largo del Rift Valley (foto). África Occidental y África Oriental se están separando a lo largo de los 4.000 kilómetros de esta faja (arriba). El vulcanismo es común en el Rift Valley. En el futuro, cuando África Oriental, desde el sur de Etiopía al norte de Mozambique, se convierta en un minicontinente, el Rift Valley será un brazo de mar.



Al estudiar cómo se propagan las ondas sísmicas por la Tierra, los científicos han descubierto que su estratificación es vertical. El núcleo de hierro fundido está rodeado de un manto de silicatos viscosos. La corteza de la Tierra tiene un grosor de 20-70 km por debajo de los continentes, aunque éste es sólo de 6-7 km bajo los océanos, es decir, aproximadamente una milésima parte del radio de la Tierra. Junto con el estrato superior del manto, la corteza forma una zona denominada litosfera.

Hace tan sólo veinte años se creía que esta delgada corteza era rígida e inmóvil. Al comienzo del siglo, el climatólogo alemán Alfred Wegener observó que el clima había variado de una manera aparentemente errática en épocas geológicas anteriores. Intentó explicar este hecho postulando que los continentes se habían «desplazado». Durante el Mesozoico anterior, hace aproximadamente doscientos millones de años, toda la masa terrestre formaba un continente único e inmenso, «Pangea», que posteriormente se subdividió. Wegener declaró que los continentes se habían abierto paso a través de la corteza oceánica fija. Con razón, los geólogos se negaron a aceptar esta teoría.

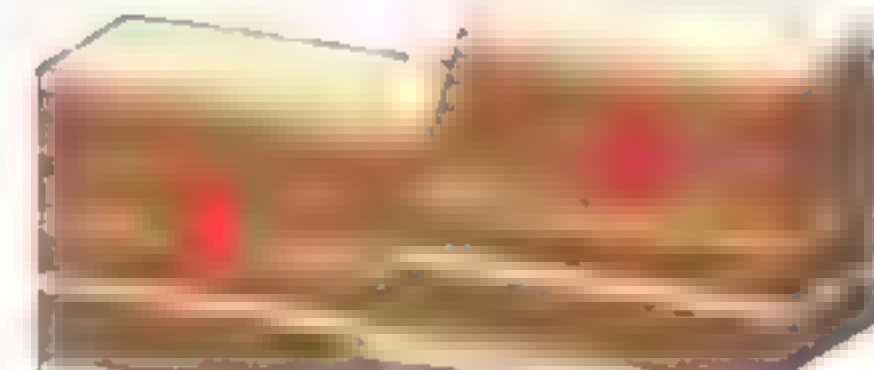
Pero al comienzo de la década de 1960, con nuevos instrumentos, los oceanógrafos comenzaron a medir la gravitación, el magnetismo y la corriente térmica en las dorsales centro-oceánicas. Descubrieron que estas dorsales son fracturas en las que se está continuamente formando nueva corteza oceánica hasta que, posiblemente entre 150 y 200 millones de años después, se desintegra en las fosas oceánicas, lejos de su lugar de origen.

Ahora sabemos que la litosfera se divide en placas relativamente rígidas que se separan entre sí como bloques de hielo en una corriente de agua. Estas placas incorporan bloques de la corteza continental o «cratones». Si bien, en términos geológicos, los lechos marinos son recientes y están formados por rocas volcánicas homogéneas, los continentes son antiquísimos y están formados por diferentes tipos de rocas. Se han dividido y colisionado repetidas veces, y a sus flancos se han fijado fragmentos de sedimentos y rocas oceánicas. Estos movimientos han producido pliegues, fallas y volcanes en la periferia de los continentes. Esta nueva teoría de la tectónica de placas ha producido una auténtica revolución en geología.

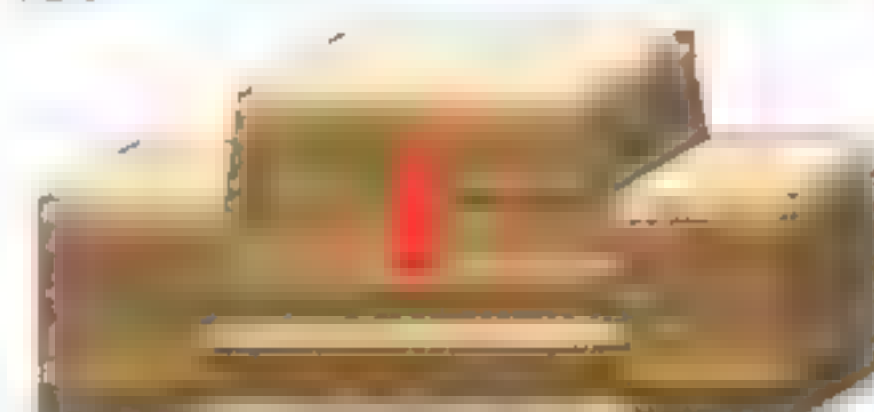
Desde hace 200 años se están realizando estudios científicos de la estructura de los continentes, que han aportado importantes conocimientos sobre los orígenes de las rocas y los suelos. Ya en el siglo XVIII se conocía cómo las rocas magmáticas surgen del interior de la Tierra, cómo se alteran y cómo los fragmentos minerales forman sedimentos lejos de las rocas originales. Con el tiempo, procesos químicos unen estos fragmentos formando rocas sedimentarias. Las altas presiones y temperaturas de las zonas de colisión de la corteza pueden convertir las rocas sedimentarias en rocas metamórficas. Si éstas se elevan a la superficie y se exponen a los efectos de la meteorización, comienza de nuevo todo el ciclo geológico: transporte, sedimentación, consolidación y metamorfosis. En tierra este ciclo es fragmentario y errático en comparación con la inmensa maquinaria geológica de los océanos.

Movimientos verticales de la corteza

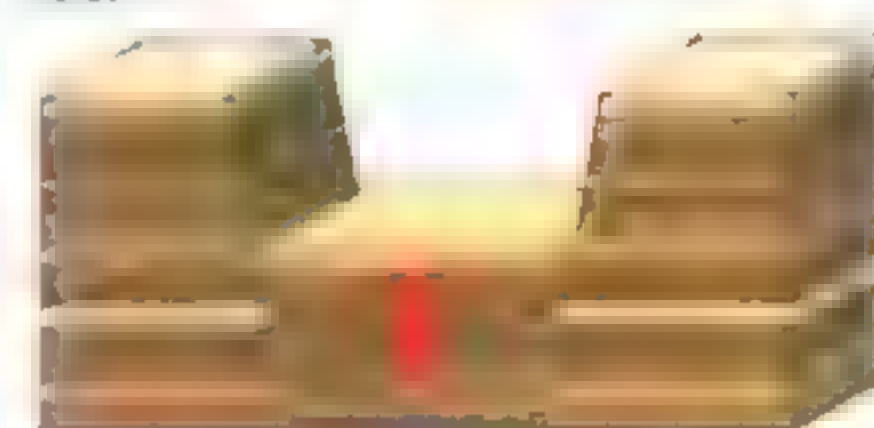
Los movimientos a gran escala de la corteza terrestre son casi enteramente horizontales, aunque los cambios locales son con frecuencia verticales. Estos extraen su fuerza motriz principalmente de los movimientos horizontales de las placas, aunque pueden producirse a gran distancia de sus límites. Los mecanismos de las fallas geológicas (derecha) se estudiaron con detalle mucho antes de que los geólogos comprendieran o incluso sospecharan la existencia de movimientos de las placas.



Falla



Horst

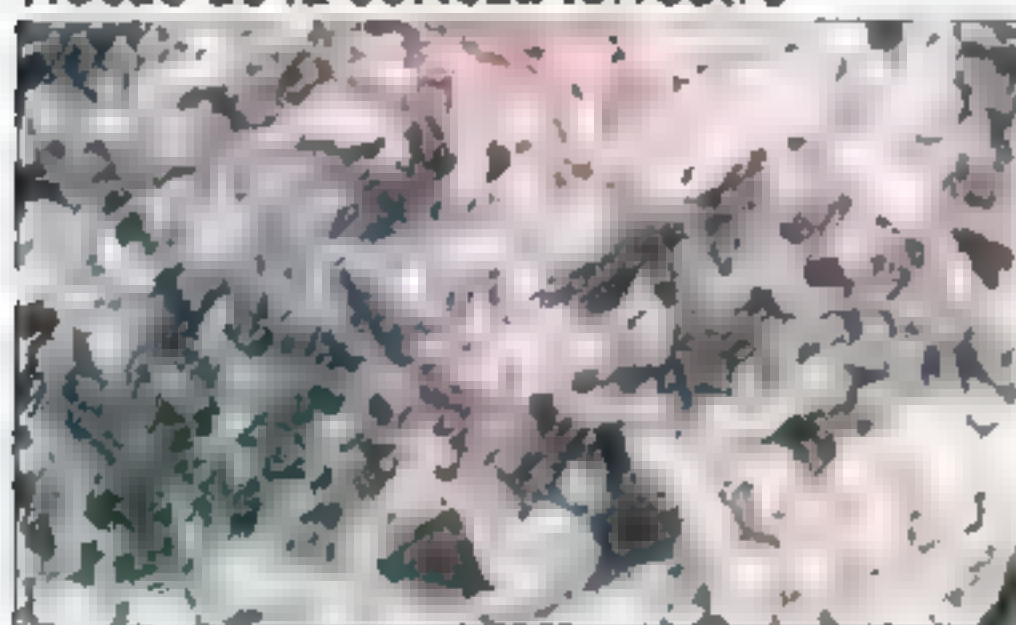


Gaben

Fallas, horsts y grabens

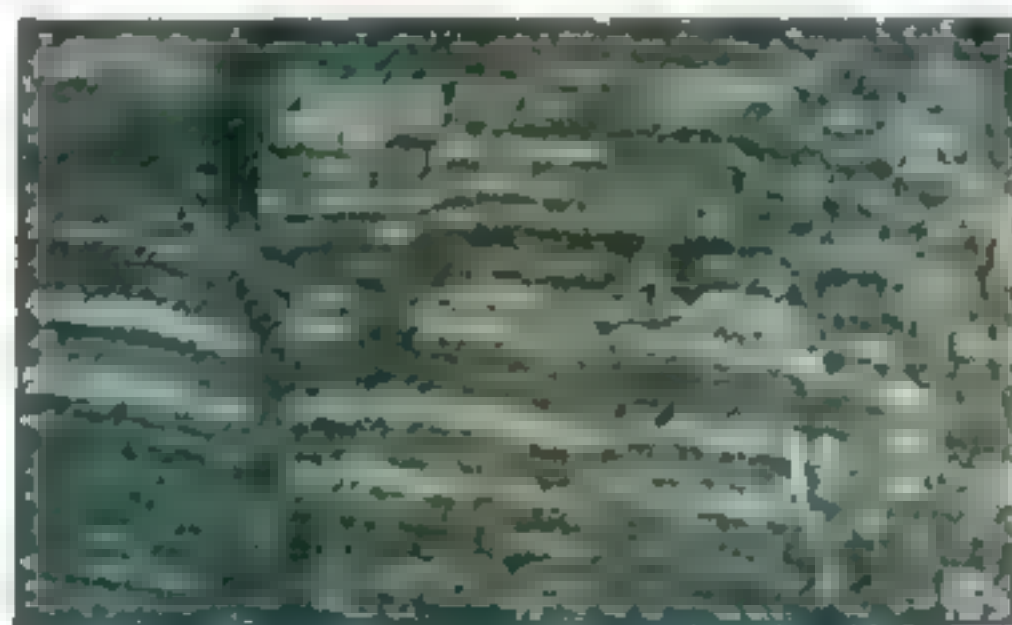
Una falla ordinaria (arriba, derecha) se produce mediante movimientos verticales a ambos lados de una línea de falla. Los horsts (medio) surgen cuando un bloque largo y estrecho de roca es impulsado hacia arriba, mientras que un graben (abajo) se forma cuando se hunde el bloque de roca madre. Estas ilustraciones están estilizadas. En la realidad los contornos de los bloques quedarían suavizados por la degradación de las vertientes.

Rocas de la corteza terrestre



Las rocas magmáticas

se forman cuando surge el magma fundido de la capa superior de la Tierra. En la fotografía se aprecia una roca de granito, de grano grueso. Cuando el magma sale a la superficie se le denomina lava.



Las rocas sedimentarias

se sue(n) depositar en el agua. Esta caliza del Jurásico tiene una estructura claramente estratificada.

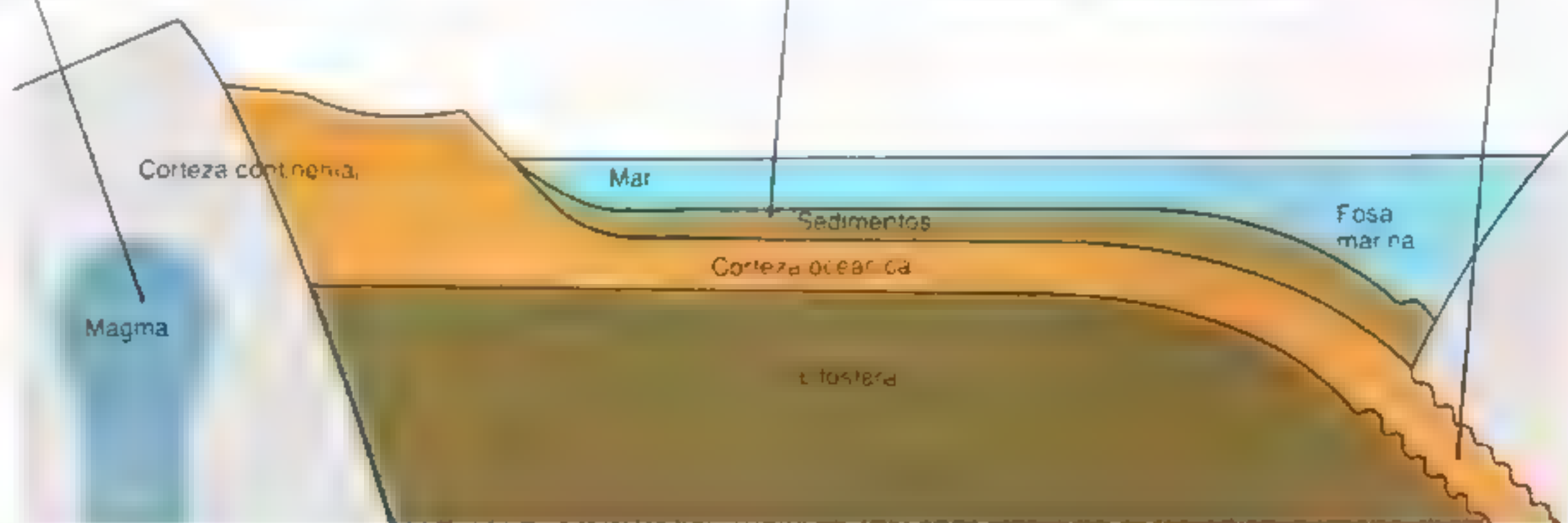


Las rocas metamórficas

(gneis en la fotografía) se forman al transformarse las rocas magmáticas o sedimentarias debido a altas presiones y/o altas temperaturas.

Formación de los tipos de roca

A diferencia de la corteza oceánica homogénea, la corteza continental está formada por parches de tipos de rocas de diferentes períodos y diferentes orígenes. Las rocas magmáticas son las más primitivas, aunque no siempre las más antiguas. Los otros tipos de rocas, a excepción de las formaciones orgánicas como el carbón, son productos secundarios de los fenómenos de erosión, transporte, depósito y transformación de rocas más antiguas. Debido a los movimientos de la corteza, estas rocas pueden encontrarse lejos de sus lugares de formación. Su estructura y composición dan a los científicos pistas para determinar su origen.



La dinámica terrestre



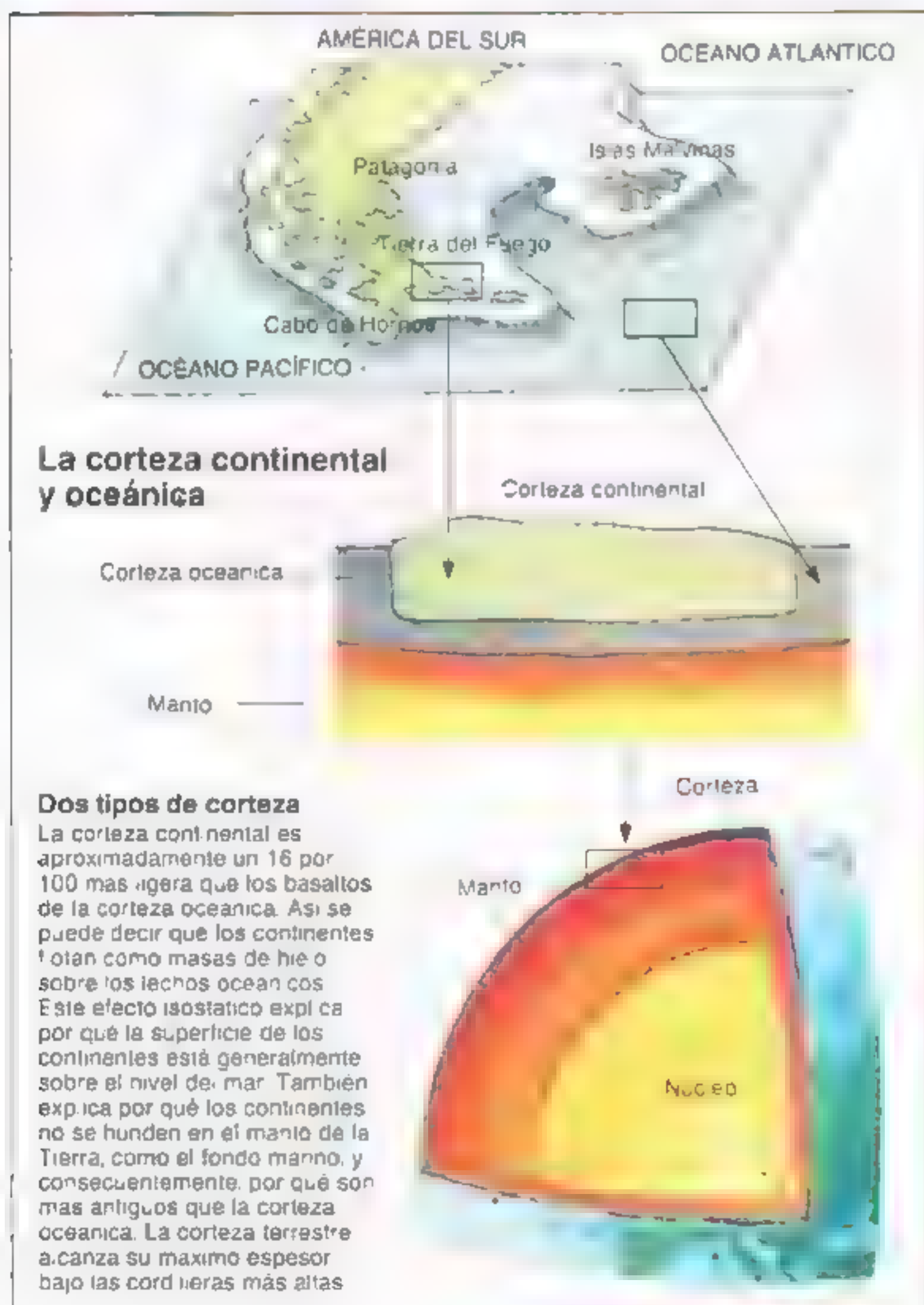
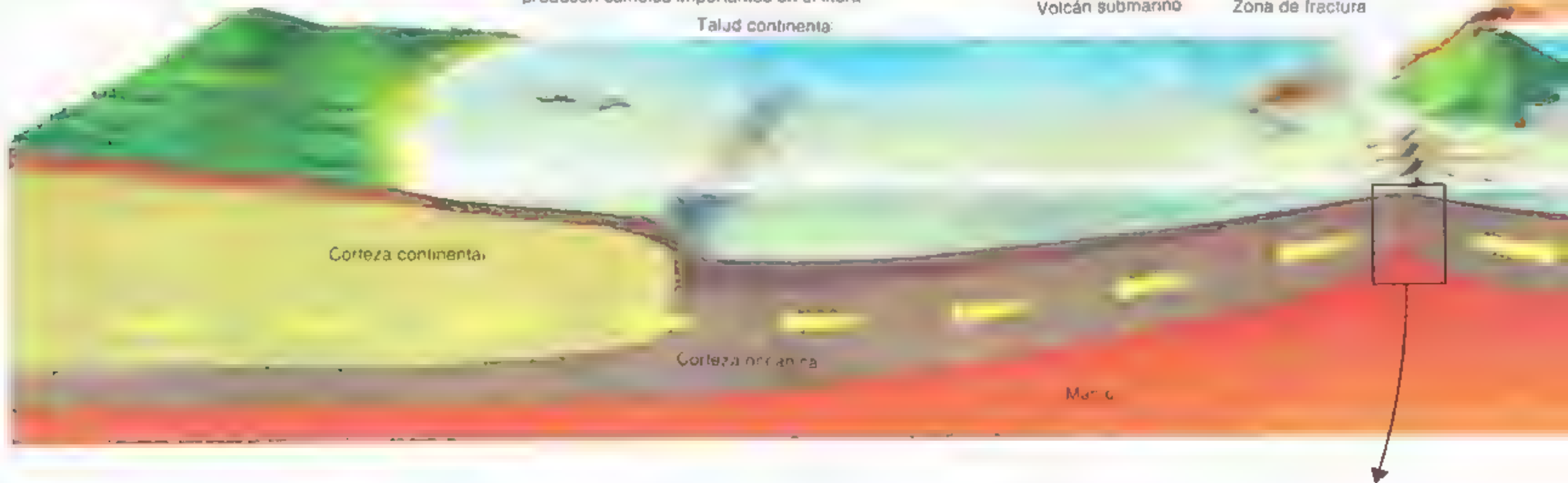
Las zonas interiores de los continentes se alzan en torno a grandes bloques de granito que desde hace tiempo no han sufrido alteraciones por efecto de los procesos geológicos mas espectaculares. Consecuentemente, las rocas continentales son las mas antiguas del mundo, con una antigüedad de hasta 3.800 millones de años



Las aguas poco profundas situadas sobre las plataformas continentales son, en realidad, continentes inundados. Algunas de estas zonas marítimas fueron tierra seca en épocas anteriores, mientras que en otras partes el mar cubria zonas que actualmente forman parte de los continentes. Pequeñas variaciones del nivel del mar producen cambios importantes en el litoral

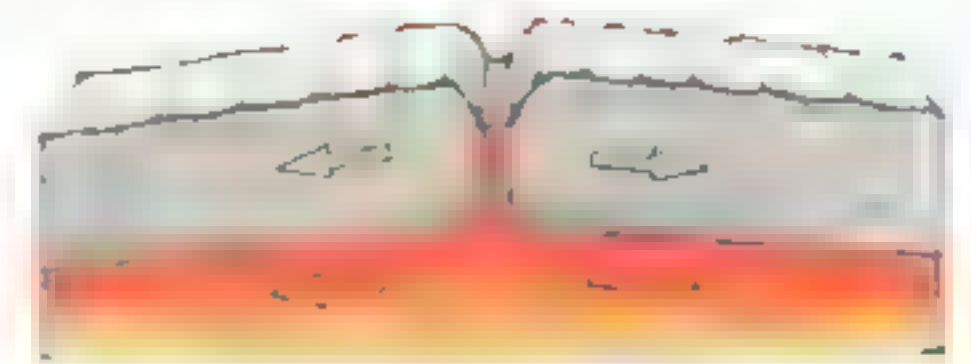


Las dorsales centro-oceánicas son zonas en las que la corteza se está renovando constantemente. El vulcanismo activo hace a veces surgir partes de tales dorsales sobre la superficie del mar. Ejemplos típicos son la India, la Isla de Ascensión y Tristán da Cunha



Cómo se renueva la corteza

La nueva corteza se forma donde dos placas se separan debido a los movimientos del manto subyacente, formado por magma líquido. Esta renovación tiene lugar principalmente en las dorsales centro-oceánicas, aunque también puede producirse en los puntos de separación de los continentes



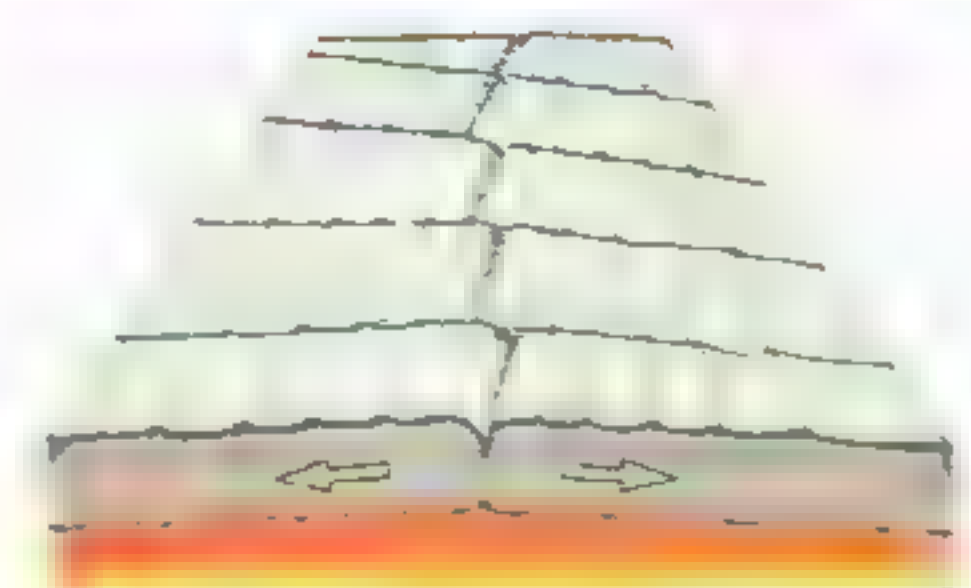
La fractura que se forma entre las placas es rellenada inmediatamente por el magma que surge del manto inferior. La corteza oceánica está formada por estas rocas de lava, que desarrollan forma de almohadilla al endurecerse rápidamente bajo el agua



Entre tanto continúan los movimientos del manto, repitiéndose el proceso con gran rapidez: se forman fracturas, se rellenan, se vuelven a formar



Debido a este proceso continuo, la corteza oceánica se compone de largas franjas de rocas formadas simultáneamente que van paralelas a las dorsales. Esta tiene con frecuencia un valle central, donde se encuentra la fisura. Las zonas de fracturas transversales se extienden hacia el exterior. A lo largo de estas zonas, la corteza se desplaza ligeramente, ya que los movimientos de manto no tienen la misma amplitud en todos los puntos de la cadena



El movimiento de los continentes en la superficie de la Tierra no es más que una consecuencia del fenómeno denominado expansión de los fondos oceánicos, que se inicia en las dorsales centro-oceánicas, donde se está continuamente formando corteza oceánica. Posteriormente, la corteza se aleja de la zona de expansión a una velocidad de 1 a 10 centímetros por año. Al principio, la lava marina recién formada está totalmente desnuda, aunque gradualmente se va cubriendo de sedimentos. Así, un lecho marino recién formado cerca de la zona de expansión tiene sólo una fina capa de sedimentos, mientras que las partes más antiguas y más alejadas pueden estar cubiertas por varios kilómetros de sedimentos. Debido a su propio peso, estos sedimentos se comprimen, formando rocas sedimentarias como el gres.

Al mismo tiempo que la placa oceánica se renueva en las zonas de expansión, se está desintegrando en las zonas de subducción o consumo, que se encuentran en las fosas oceánicas, las ma-



Las zonas de subducción

son puntos en los que la corteza oceánica se desintegra. Si se encuentra en mar abierto, el resultado es un arco de islas volcánicas; si se encuentra pegada a un continente, se forma una cadena montañosa como Los Andes.

Llanura abisal Sedimentos y rocas sedimentarias

yores profundidades de los océanos. Aquí la placa se comprime bajo la placa adyacente y finalmente se funde en el manto viscoso de la Tierra. Este «consumo» de corteza oceánica explica por qué no se ha encontrado jamás un lecho marino con sedimentos de una antigüedad superior a los 135 millones de años.

En comparación, las capas continentales de granito son casi inexplicablemente antiguas: entre una cuarta y una tercera parte de la edad que se supone que tiene el universo. Se cree que estas capas serían las bases erosionadas de antiguas cordilleras. Durante millones de años los continentes se han ido formando en torno a ellas, a medida que los movimientos de las placas han ido apilando sedimentos y fragmentos de la corteza oceánica en las áreas adyacentes. Posteriormente, estas formaciones se han plegado, han sufrido metamorfosis y se han mezclado con rocas procedentes del manto. Al mismo tiempo, en las cuencas interiores y en las plataformas continentales se han depositado sedimentos sobre ellas. Así pues, geológicamente, los fondos de continentes y océanos son enteramente diferentes.

Todos los terrenos importantes son resultado de la interacción de las placas. Los temblores de superficie se producen cuando dos placas adyacentes se desplazan en direcciones contrarias, como sucede a lo largo de la falla de San Andrés en California. Los terremotos profundos se producen cuando una placa penetra en el manto a un ángulo de aproximadamente 45 grados. Consecuentemente, los temblores más profundos se producen a distancias considerables por debajo de la placa superior, a veces a una profundidad de más de 700 kilómetros. Tanto los terremotos de superficie como los profundos tienen sus centros reales muy por debajo de la superficie. Por importantes que sean los destrozos en el epicentro de la superficie, no es más que un simple reflejo de lo que ha sucedido en la profundidad de las entrañas de la Tierra.

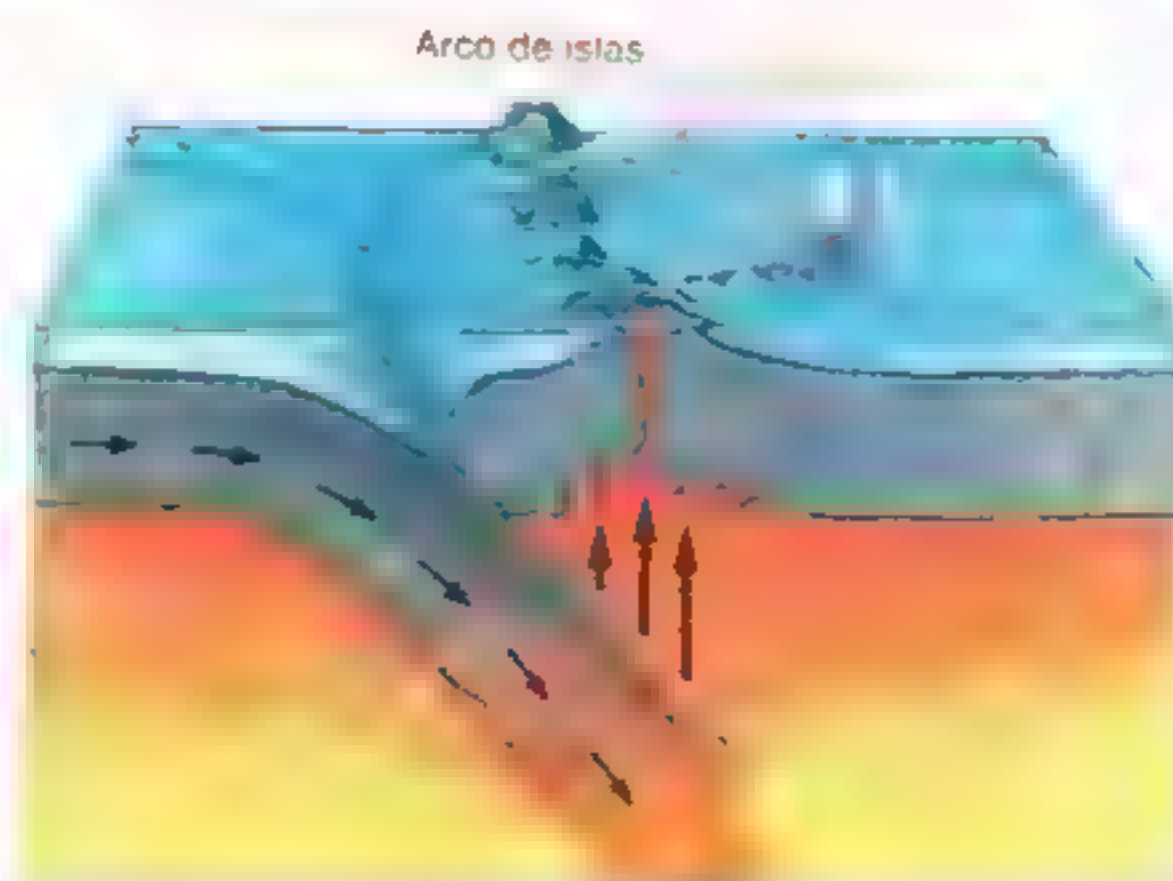
El vulcanismo es un fenómeno bastante común en todo el sistema solar, aunque parece que los procesos tectónicos sólo se dan en la Tierra. Los científicos del futuro tendrán que determinar cuáles son las características especiales de la estructura interior de la Tierra que le dan a nuestro planeta este estatus único.



Subducción

Cuando la capa es arrastrada hacia el interior del manto se producen los terremotos profundos.

Cuando la placa se funde, las partes más ligeras de la masa fundida se elevan y pasan a engrosar la placa continental por abajo, produciendo una elevación sostenida. También producen los fenómenos volcánicos.



La meteorización

Meteorización es el término común que denomina una serie de procesos mecánicos y químicos que descomponen la roca y el suelo. Casi todos ellos están regulados hasta cierto punto por el clima. Las precipitaciones y las temperaturas son factores claves que, junto con la dureza y la composición química de rocas y suelo, determinan el desarrollo del proceso de meteorización.

Meteorización mecánica

En los climas fríos, la acción del hielo constituye la forma más común de meteorización. Los cambios de temperatura hacen que el pequeño contenido de humedad de las rocas y del suelo se hiele y se deshiele alternativamente. La acción del hielo se producirá únicamente donde las temperaturas totales varíen por encima o por debajo de cero grados y donde haya agua en estado líquido.

La presión de los cristales de hielo que se crean puede romper peñascos y la roca madre. Hay otros tipos de cristales que pueden tener los mismos efectos. Todas las aguas superficiales y subterráneas contienen sales disueltas procedentes de la lixiviación de minerales y suelos. Cuando se evapora la humedad, los cristales de sal pueden partir las rocas porosas.

Esta acción destructora de la sal se da especialmente en el gres y en las regiones desérticas donde la evaporación es excepcional. Hasta en las condiciones más áridas las rocas tienen suficiente humedad para provocar estas fisuras. Este proceso no sólo ataca a las rocas, sino también a los edificios. En épocas modernas la construcción de presas y de regadíos a gran escala han elevado el nivel freático del valle del Nilo, hasta el punto de que sus antiguos monumentos están siendo dañados por el agua salina que se infil-

tra por la piedra porosa. También en las ciudades europeas la sal está dañando los cimientos de edificios históricos. La sal penetra en la construcción a través de la humedad del suelo que le rodea, cristalizando posteriormente.

Los cambios extremos de temperatura entre el día y la noche pueden destrozar las rocas por el proceso continuo de dilatación y contracción que se produce. Es un fenómeno común en el desierto donde, debido a la sequedad del aire, la diferencia entre las temperaturas del día y de la noche es elevada. Consecuentemente, este tipo de destrucción se debe más a la ausencia que a la presencia de humedad. Una forma de meteorización mecánica secundaria es el efecto destructor de las raíces en crecimiento.

Meteorización química

Se produce principalmente cuando los ácidos débiles de las aguas de superficie y subterráneas disuelven diferentes minerales. Cuando el dióxido de carbono se disuelve en el agua, una parte se combina con el agua, produciendo ácido carbónico, H_2CO_3 . Este ácido a su vez disuelve el carbonato de calcio de la piedra caliza. La circulación del agua en esta roca permeable puede dar lugar a cuevas y túneles. Cuando se evapora el agua calcárea, el carbonato de calcio se vuelve a precipitar en formaciones calizas. En las regiones con roca madre caliza y abundantes precipitaciones este tipo de meteorización se asocia con los paisajes cársticos (que reciben el nombre de la antigua provincia de Karst, en la frontera italo-yugoslava), con simas, dolinas, poljes y cavernas.

En los lugares donde el aire está contaminado las construcciones calizas se ven dañadas cuando el ácido sulfúrico presente en el



Paisaje cárstico

El agua se infiltra fácilmente en la piedra caliza. Los ácidos débiles del agua disuelven la cal, provocando la creación de cuevas y las formaciones características del paisaje cárstico. Los procesos cársticos han desempeñado un papel importante en la formación del paisaje del sur de China. Durante muchos siglos ha sido un motivo favorito de los paisajistas chinos (izquierda: detalle de un paisaje de la dinastía Ming, 1368-1644). Abajo: análisis del desarrollo de un relieve cárstico.

Corriente
subterránea

Dolinas



Debido a la permeabilidad de la roca madre y a la rapidez de la meteorización química, las corrientes de agua circulan principalmente bajo tierra. Desaparecen en las dolinas en forma de embudo y en los sumideros del suelo.

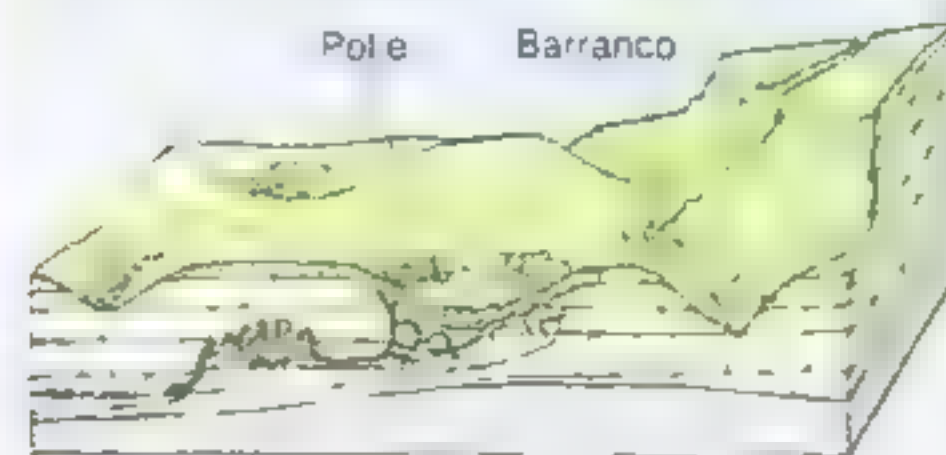
Gruta de estalactitas



El ácido del agua ensancha las grutas calcáreas. El agua calcárea que cae gota a gota forma las estalactitas del techo de la gruta y las estalagmitas de su suelo.

Polje

Barranco



Las dolinas se van ensanchando poco a poco, hasta derrumbarse los sistemas de grutas. Se producen poljes en forma de olas. Precipicios y simas con superficies calizas al descubierto son otros de los rasgos característicos del paisaje cárstico.

aire descompone la piedra. La Acrópolis, la colina ciudadela de Atenas, amenaza con desintegrarse, y las autoridades están actualmente estudiando la posibilidad de trasladar estos edificios a un museo con aire purificado y levantar modelos de plástico en su emplazamiento original, solución que parece menos costosa que intentar limpiar la atmósfera de la capital griega, famosa por su contaminación.

Los ácidos orgánicos, formados en una capa superficial de humus, son un factor importante de los climas húmedos. No sólo los ácidos destruyen la piedra, la oxidación (el impacto del oxígeno del aire) y la hidrólisis (la disolución de los minerales de las rocas en el agua) son también causa de fenómenos de meteorización. El feldespato y la mica de los tipos de granitos más duros se pueden quebrar y provocar la desintegración de la piedra. El feldespato y la mica se transforman en hidróxidos de hierro y aluminio y en silicatos de alúmina hidratados, minerales de arcilla que forman el caolín y la bauxita. Del granito no quedan más que unos granos sueltos de cuarzo, que pueden sedimentarse y convertirse en rocas. Cuando la meteorización vuelve a atacar a estas rocas se completa el ciclo geológico.

En la naturaleza, el proceso de la meteorización es tan lento que resulta difícil percibirlo. Su importancia, sin embargo, es tremenda ya que constituye la primera etapa de la denudación, la nivelación del paisaje. Los materiales procedentes de la meteorización forman también suelos que a su vez son esenciales para la existencia de la vegetación y la vida animal en la tierra. La meteorización ha sido un factor de importancia fundamental en la creación de medios de vida en nuestro planeta.

Pliegues y denudación

La historia de la superficie de la Tierra es una lucha continua entre las fuerzas constructivas y destructivas. Los procesos de construcción más importantes son las elevaciones y los pliegues, mientras que los procesos desintegradores principales son la meteorización y la erosión. La desintegración forma parte de un proceso denominado denudación, que a lo largo de las épocas geológicas reduce las masas de las montañas a simples colinas bajas. La meteorización posibilita este proceso al destruir hasta los tipos de rocas más duros.



Las fuerzas constructivas que elevan la corteza terrestre y forman los estratos de rocas sedimentarias, a denudación nivelados. El diagrama esquemático en realidad no se producen relieves de este tipo.



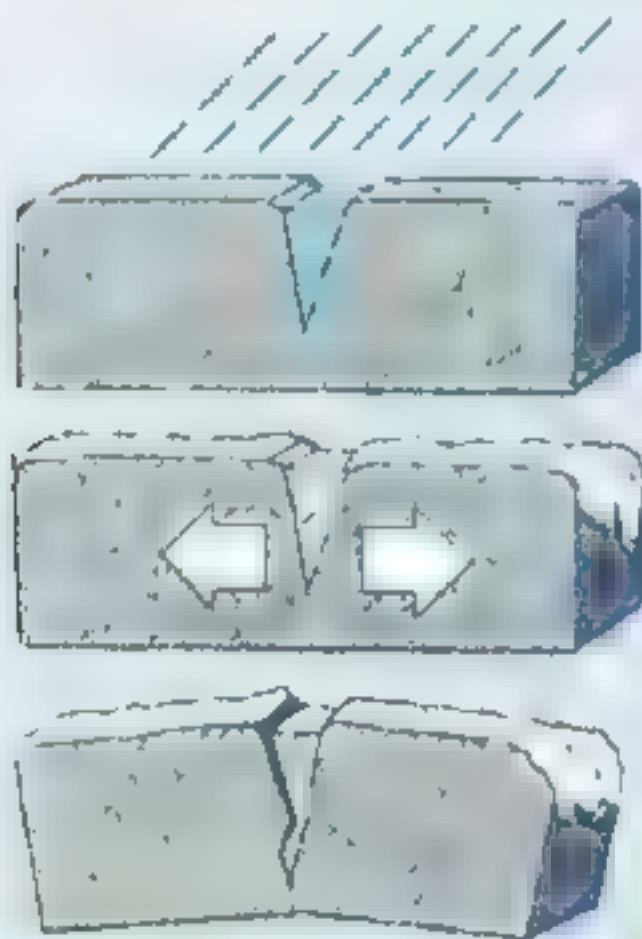
El relieve que se produce al tiempo que los pliegues y las elevaciones. La rápida erosión y la erosión producen un relieve al que con el tiempo se dan formas y picos.



El resultado típico de la denudación es un relieve bajo y ondulado. En las zonas más altas son en realidad los restos de las montañas originales que se elevan por encima de la zona.

La acción del hielo

El volumen del agua aumenta en un 9 por 100 al helarse, cualidad única entre los fluidos naturales. De esta manera, el agua existente en las grietas y en los poros de la piedra puede deshacer y partir tanto la roca madre como otras rocas (izquierda). En las regiones rocosas con fuertes variaciones de temperaturas, la acción del hielo produce canchales o «felsenmeers», amplias zonas formadas por pequeños cantos y otras piedras menores.



La meteorización en los trópicos

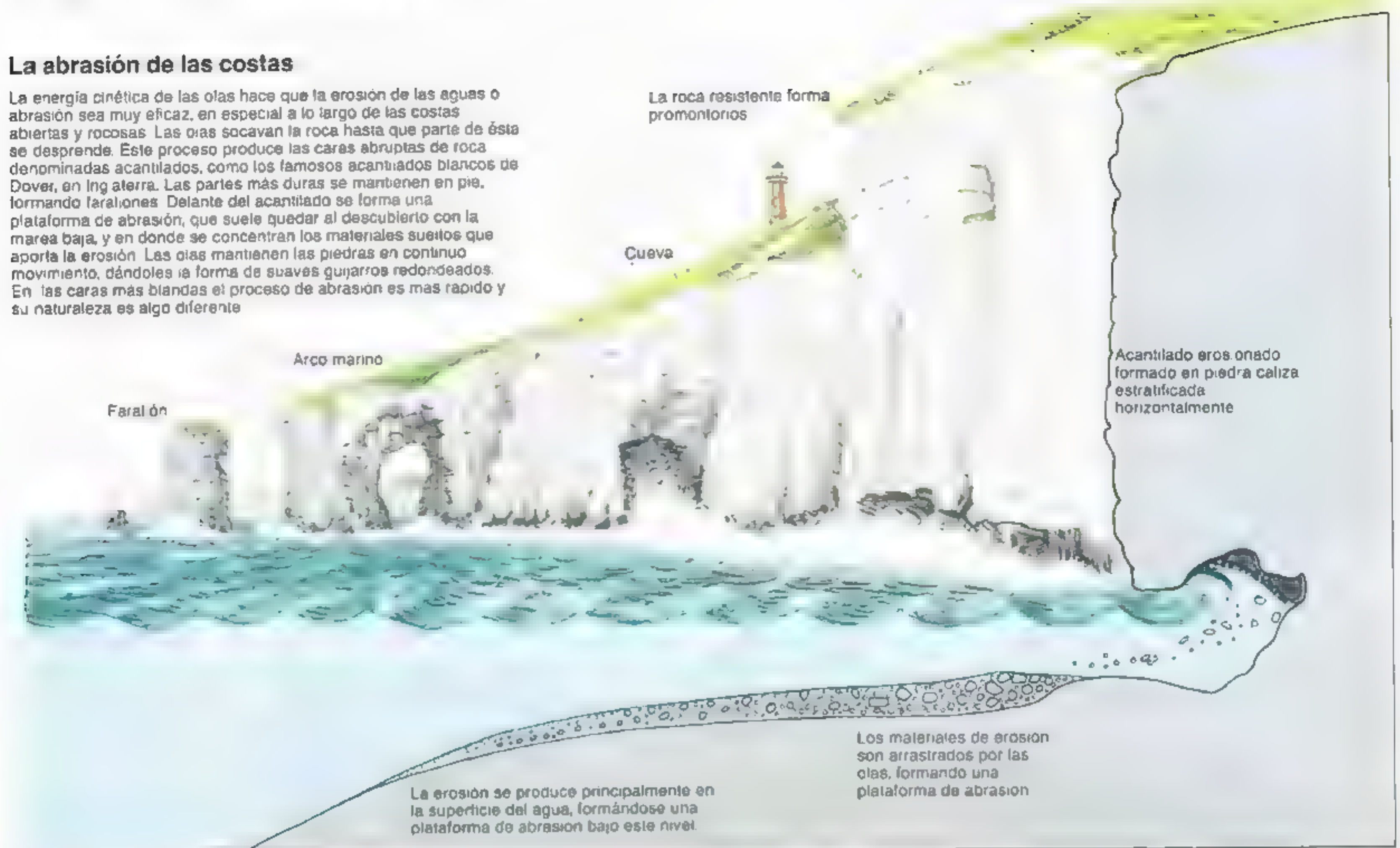
En los climas cálidos y húmedos los procesos de meteorización penetran hasta 80 metros o más por debajo de la superficie crean con frecuencia un suelo rojo y ferruginoso de laterita (derecha). Un «inselberg» de reciente aparición revela los resultados de la meteorización en épocas de mayor humedad, en forma de bloques redondeados y superficies rocosas (abajo).



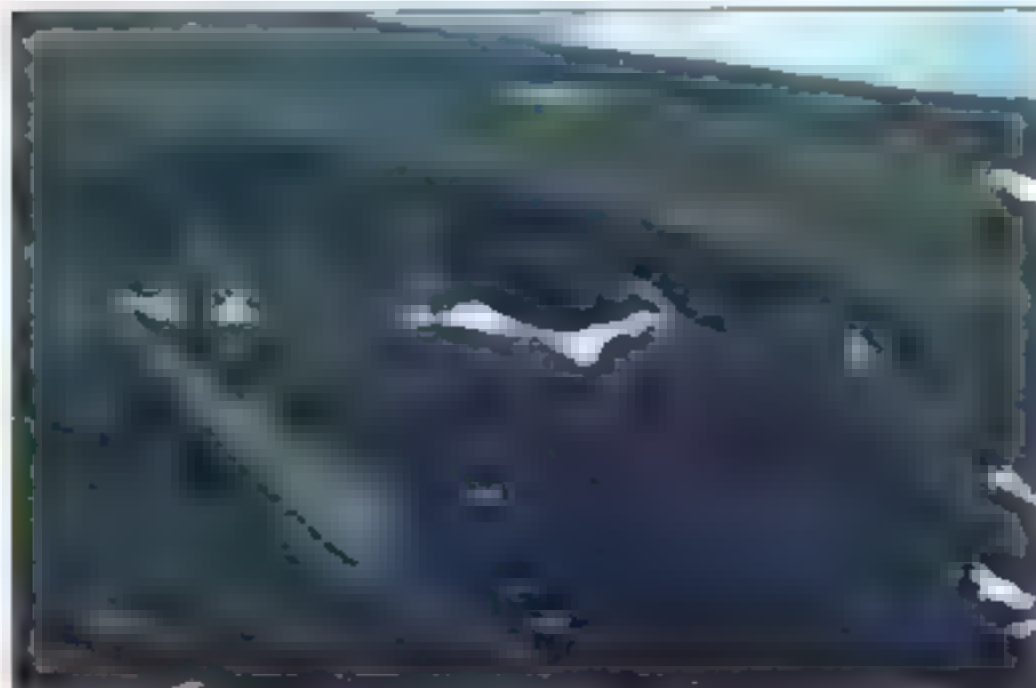
La erosión

La abrasión de las costas

La energía cinética de las olas hace que la erosión de las aguas o abrasión sea muy eficaz, en especial a lo largo de las costas abiertas y rocosas. Las olas socavan la roca hasta que parte de ésta se desprende. Este proceso produce las caras abruptas de roca denominadas acantilados, como los famosos acantilados blancos de Dover, en Inglaterra. Las partes más duras se mantienen en pie, formando farallones. Delante del acantilado se forma una plataforma de abrasión, que suele quedar al descubierto con la marea baja, y en donde se concentran los materiales sueltos que aporta la erosión. Las olas mantienen las piedras en continuo movimiento, dándoles la forma de suaves guijarros redondeados. En las caras más blandas el proceso de abrasión es más rápido y su naturaleza es algo diferente.

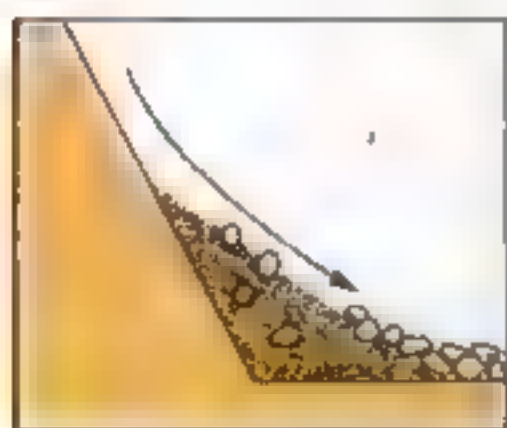


En una caída se desprenden rocas o toda la cara de un acantilado. Suele suceder en vertientes muy abruptas.

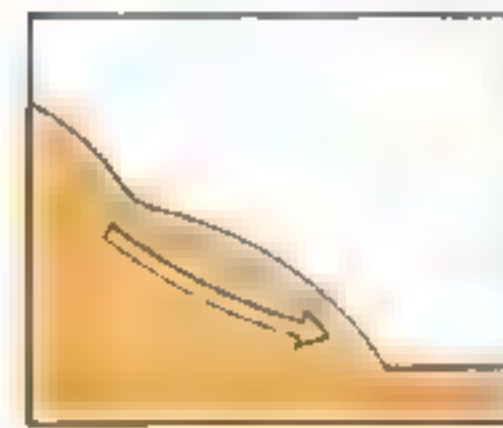


Roca, suelo y gravedad

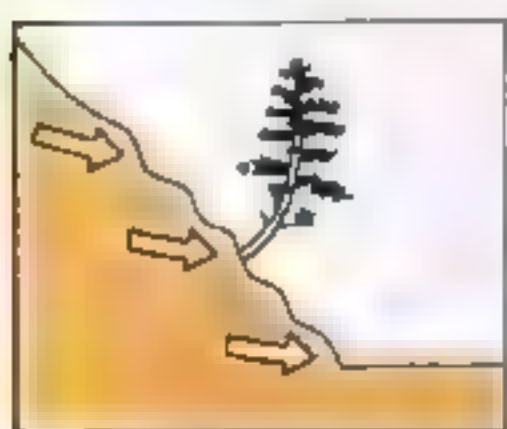
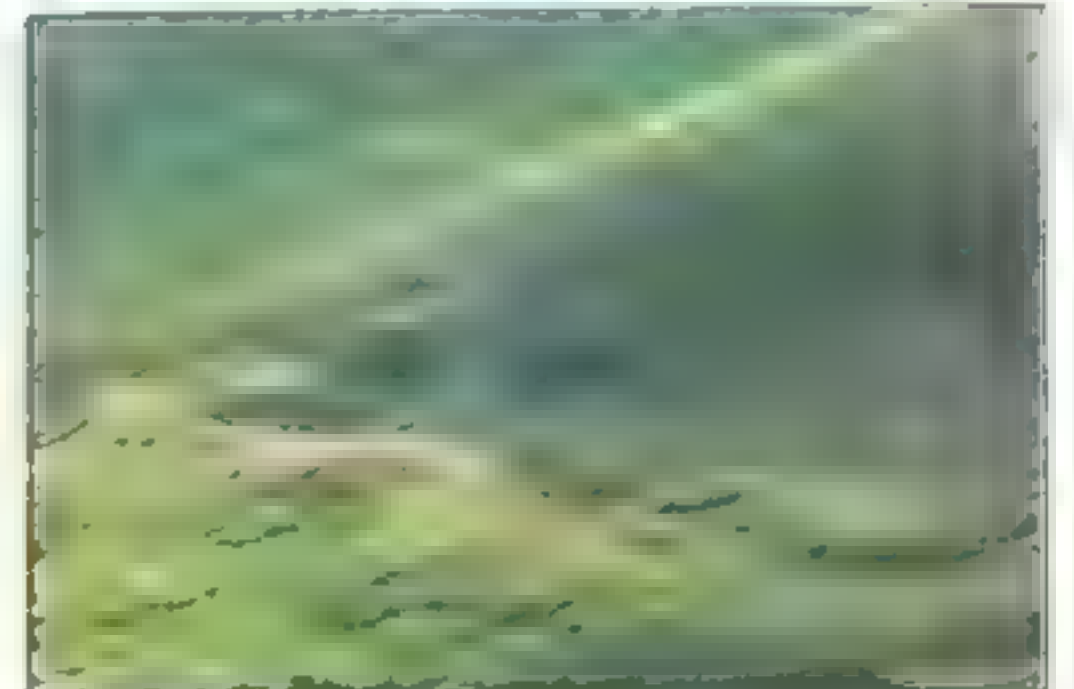
Cuando la meteorización o la excesiva humedad reducen la cohesión de una vertiente, la fuerza de la gravedad puede hacer que se desplace. El proceso de destrucción de vertientes puede variar según la naturaleza de los materiales (roca, peñascos, suelo húmedo o seco) y el ángulo de inclinación. Cuando los materiales son secos y la pendiente es suave, el proceso suele ser lento. La reptación y la solifluxión pueden producirse de manera casi imperceptible, cosa que sucede hasta cierto punto en todas las vertientes. Por otro lado, las caídas o los deslizamientos se producen de manera repentina y violenta. Si se dan en un área habitada, la pérdida de vidas y propiedades puede ser enorme. Los deslizamientos de tierra pueden producirse en vertientes muy suaves. Cuando el contenido de humedad en materiales de grano muy fino, especialmente arcillas, se eleva por encima de determinado límite, la cohesión de esos materiales disminuye de manera espectacular.



Cuando pequeños deslizamientos continuados acumulan derrubios al pie de una vertiente abrupta se forma un talud. La «pendiente de reposo» es de aproximadamente 35°, según el material.



La solifluxión es un fenómeno común en las regiones polares donde el suelo por encima del permafrost se satura de agua en verano.



La reptación en suelo suelto pueden crear barrancos profundos (derecha). Árboles y postes pierden la vertical.



Los deslizamientos se producen cuando la humedad de los suelos excede cierto límite, transformando abruptamente el suelo en una colada de barro.



La erosión forma parte de un proceso extenso que los geólogos denominan denudación, la ablación del suelo por las fuerzas del viento, del hielo y del agua. La denudación provoca el descenso gradual del nivel del suelo. Se ha calculado que tiene lugar a una media de 50 a 90 metros por millón de años, al menos en la actual época geológica.

La denudación comprende toda una serie de procesos. Las condiciones climáticas provocan la desintegración por meteorización, al desgajarse de la roca madre partículas y otros fragmentos mayores. La gravedad, el agua, el hielo y los fuertes vientos arrastran estos materiales sueltos y se produce la erosión cuando las partículas y el medio que las lleva desgastan la superficie del suelo. Se podría describir a la denudación como el resultado total de la meteorización, de la destrucción de las vertientes y de la erosión.

La erosión fluvial es la más importante, por lo que las fuertes precipitaciones producen una grave erosión. La inclinación de las laderas aumenta la energía cinética del agua, intensificando el proceso de erosión, tal como sucede en los Alpes y en el Himalaya. El material suelto que transportan ríos y arroyos se deposita antes o después en los deltas o en las cuencas de sedimentación, justo donde la velocidad de la corriente de agua ha disminuido hasta el punto de que el material suelto deja de moverse.

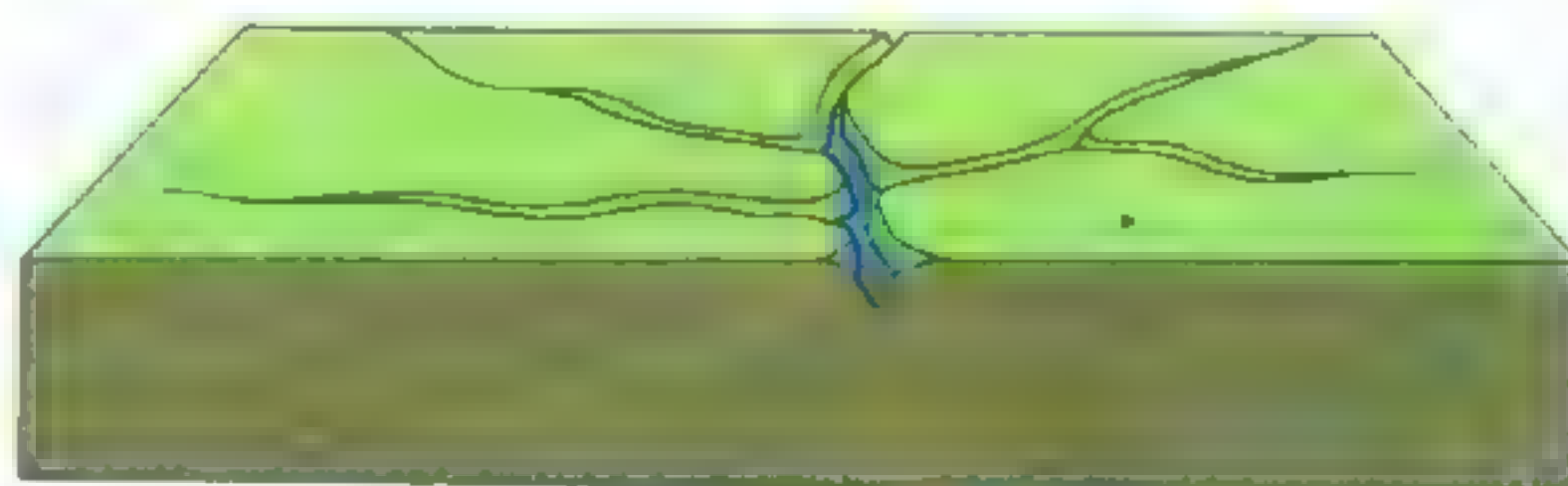
El proceso de erosión no se ha desarrollado al mismo ritmo en las diferentes épocas geológicas. Durante largos períodos los continentes fueron bastante más planos que en la actualidad, debido a que las cadenas montañosas o no se formaban, o cuando lo hacían era muy lentamente. Durante otras épocas, en las que las placas de la corteza terrestre colisionaban entre sí, se plegaron algunas cadenas montañosas y grandes zonas de los continentes se elevaron en relación al nivel del mar, volviendo a aumentar la erosión. En las regiones áridas ha predominado la erosión del viento, mientras que en las polares es el lento avance del hielo de los glaciares lo que constituye el elemento de erosión, aunque el factor principal a escala global ha sido siempre el agua corriente.

La circulación del agua, tanto en los pequeños arroyos como

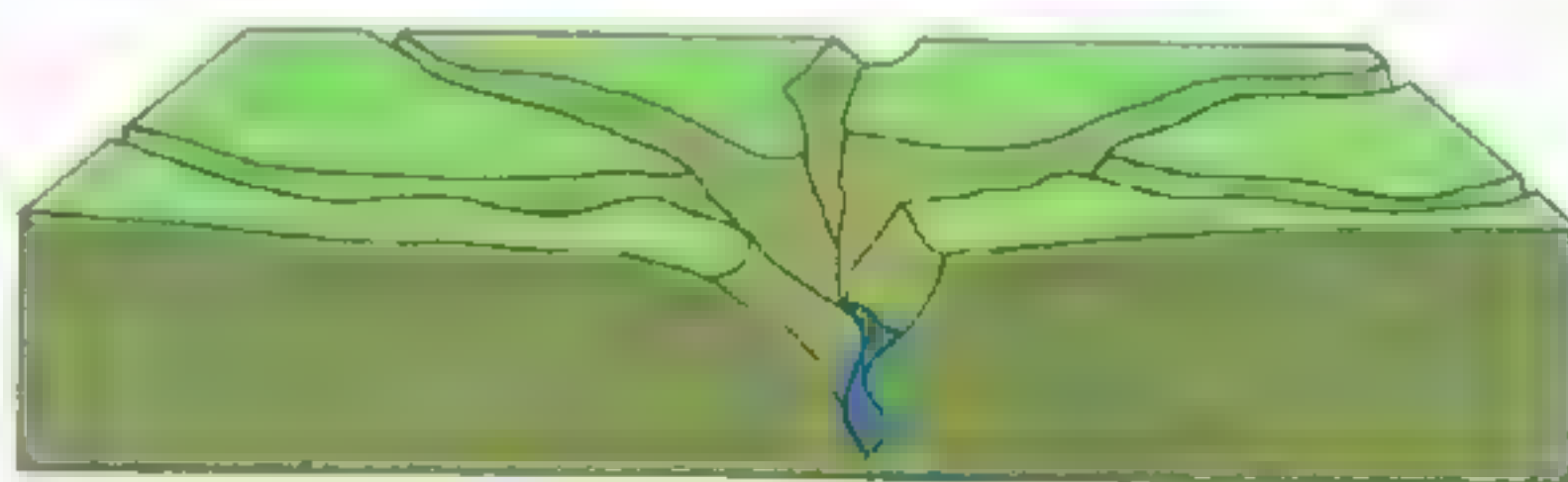
en los grandes ríos, desgasta la superficie formando grietas características en forma de V. Los glaciares esculpen un valle más ancho, con un perfil en forma de U. Los lados de los valles son posteriormente suavizados por la destrucción de las vertientes, especialmente en los climas húmedos. Los contornos del paisaje se van suavizando hasta nivelarse finalmente en una llanura. Para entonces la denudación puede haber bajado el nivel del suelo hasta el punto de que el lento fluir de los ríos no sea ya suficiente para proseguir la erosión. Esta penillanura es el producto final de la denudación.

La superficie de la Tierra no ha estado nunca reducida a una gran penillanura, ya que en épocas pasadas los nuevos movimientos de elevación de la corteza terrestre aumentaban la circulación del agua, transformando apacibles ríos en feroces torrentes, volviendo a acelerar el proceso de erosión. Esta batalla entre las fuerzas desintegradoras de la atmósfera y de la hidrosfera, y las fuerzas constructivas de la corteza durará mientras el calor interior de la Tierra sea suficiente para mantener los procesos tectónicos.

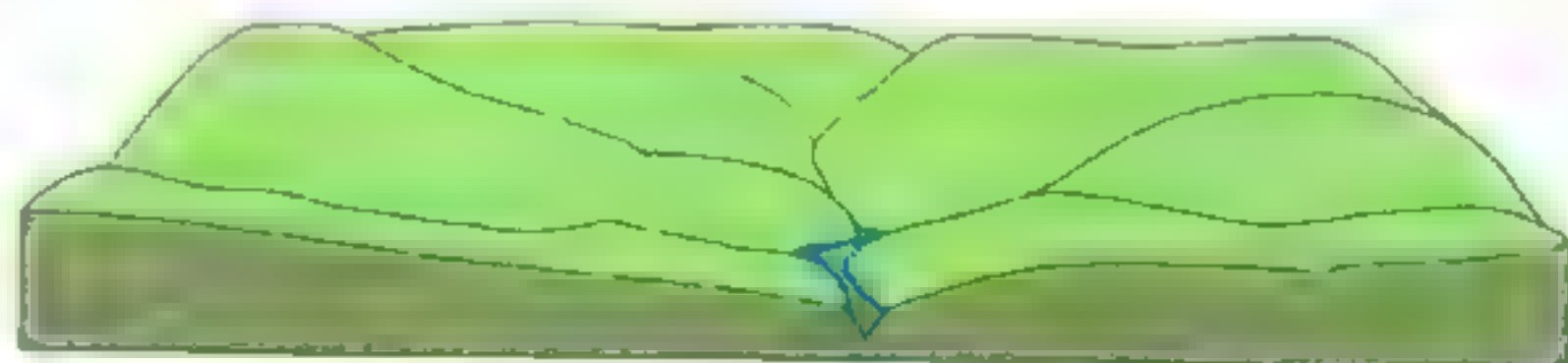
De llanura a penillanura



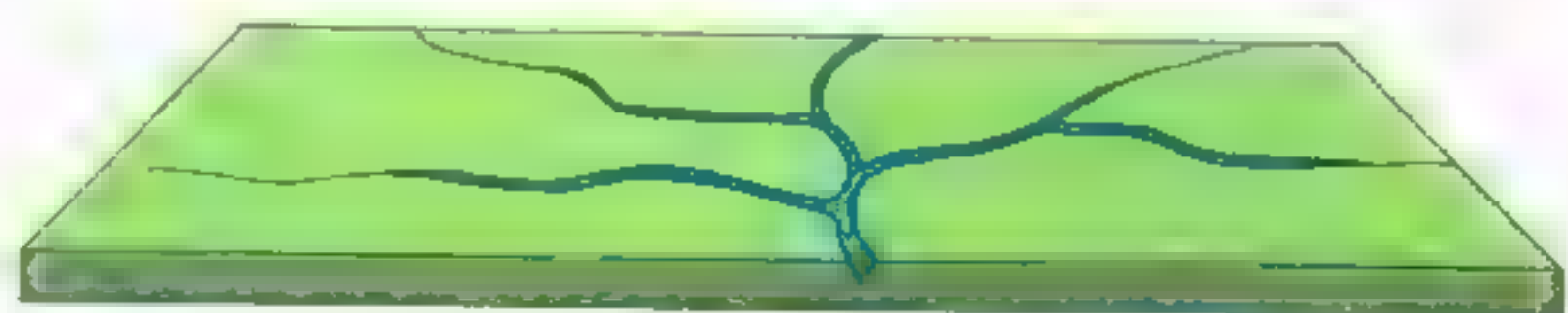
En una llanura, los ríos y los arroyos corren lentamente y los valles y hondonadas que abren tienen el típico perfil de V de la erosión fluvial. Sin embargo, son poco profundos: cuanto más lenta es la corriente, menor es la erosión.



Si una llanura se eleva por las fuerzas interiores de la Tierra, la velocidad de la corriente aumenta y los ríos abren gargantas profundas con laderas abruptas. En las regiones secas las zonas que separan estas gargantas pueden mantenerse casi intactas durante mucho tiempo.



pero en las regiones húmedas, las regiones intermedias se desgastan por la destrucción de las vertientes. La llanura se "denuda" y según se va hundiendo su nivel, la corriente de los ríos se va haciendo cada vez más lenta.

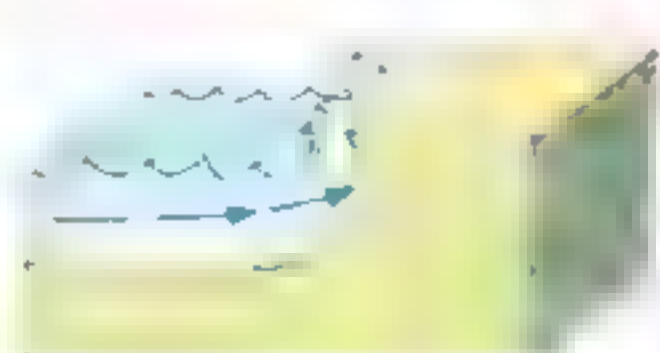


Finalmente, la denudación aplanará toda la región convirtiéndola en una penillanura. La erosión es entonces muy lenta, por el lento fluir de las aguas. Se encuentran penillanuras en las regiones graníticas de Canadá y Escandinavia. El terreno ha sido modificado con frecuencia por procesos glaciales en las fases finales del último período glacial.

Agentes de erosión



El agua corriente remueve y arrastra fragmentos de la roca madre y partículas del suelo formando barrancos.



Las olas desgastan las costas abiertas formando abruptos acantilados, que pueden oscilar entre menos de un metro y cien metros o más de altura.



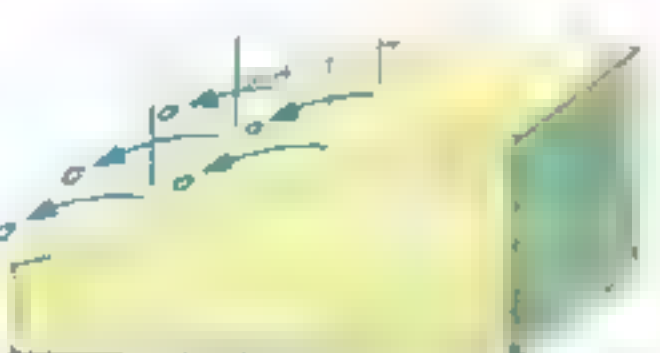
La corriente del río erosiona el interior, especialmente en el lado exterior de una curva. Los ríos tienden a desarrollar un curso sinuoso de meandros.



Los glaciares contienen detritos denominados morrenas que desgastan y pulen la roca madre.



En las zonas secas el viento transporta numerosos granos de arena que "perforan" y esculpen las rocas expuestas.

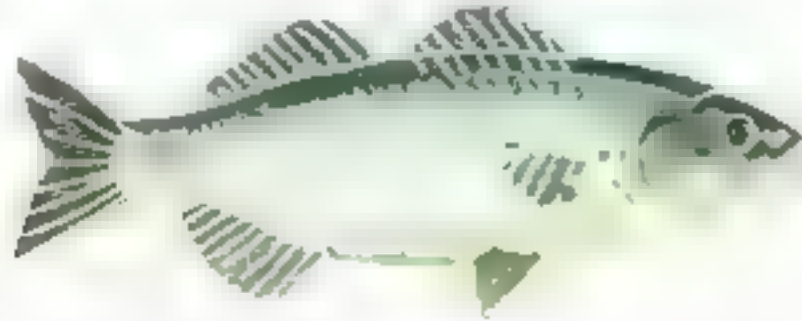


El impacto de la lluvia hace saltar las partículas sueltas que descienden gradualmente por las vertientes.

La vida en la tierra

La vida en el agua

Un pez es una criatura relativamente simple. Sus medios de locomoción, músculos, aletas, son más simples que los de los animales terrestres. El pez no tiene una necesidad urgente de regular la temperatura de su cuerpo.



Adaptaciones a la vida en la tierra

El elefante, el más grande y el más pesado de todos los animales terrestres vivos, puede servir como ejemplo notable de las adaptaciones biológicas necesarias para sobrevivir en tierra. Los mamíferos, con sus complejos mecanismos de control de temperatura, son los animales que más eficazmente se han adaptado a la vida terrestre.

La vida comenzó en el mar, y el medio, para aquellos organismos que siguen viviendo en él, no es especialmente duro. Los protege de la desecación y de los cambios repentinos de temperatura. Las láminas de filtración, tanto del cohombre de mar como de la ballena, pueden tratar el agua de manera sencilla como solución nutritiva. Por el contrario, el paso a la Tierra, que las plantas multicelulares dieron hace unos cuatrocientos millones de años, exigía adaptaciones biológicas drásticas.

Dos de estas adaptaciones pueden apreciarse fácilmente. La primera está relacionada con la locomoción. Para poderse mover en tierra, el animal terrestre tenía que desarrollar un complejo aparato motriz de patas y pies, aparato que tenía y sigue teniendo un nivel bajo de eficacia energética. Un pequeño cuadrúpedo corredor, como un perro, tiene que emplear cinco veces más energía que un salmón para recorrer un kilómetro.

La segunda de estas adaptaciones concierne a la reproducción. En el agua, la fertilización es un proceso externo: la hembra del bacalao pone sus huevos y sobre ellos el macho segrega su leche. La fertilización se produce libremente en el agua y las decenas de miles de alevines quedan abandonados a sus propios recursos.

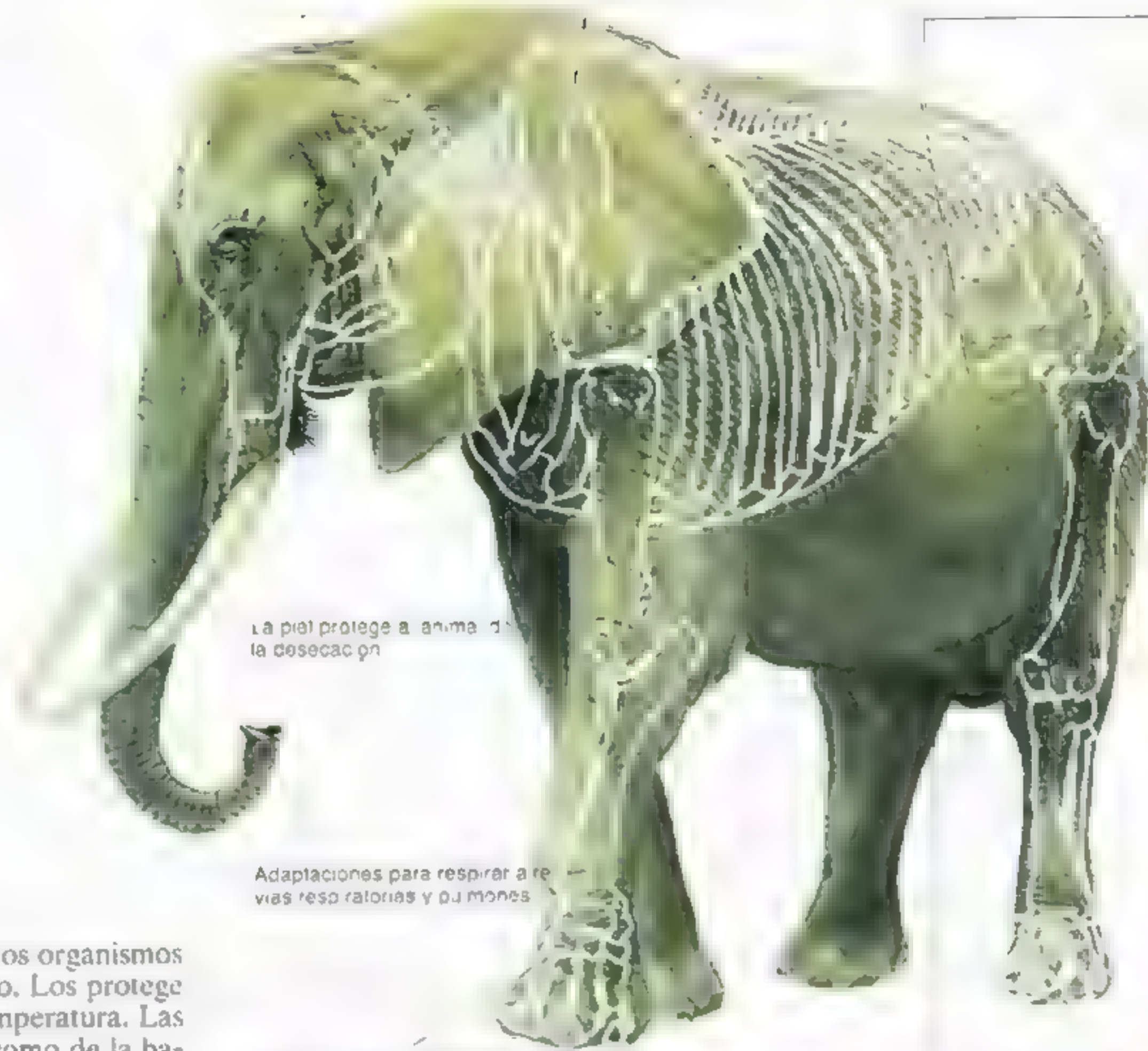
La reproducción en tierra exige una fertilización interna por cópula, incubación y generalmente el cuidado de la descendencia. El mamífero ha ido un paso más allá: a la «incubación interna» del óvulo fertilizado le sigue el parto, es decir, el nacimiento. En otras palabras, la tendencia ha sido hacia una mayor atención individual a cada descendiente.

Sin embargo, a pesar de estas exigencias, la colonización de los continentes ha sido todo un éxito. El primer anfibio que realizó una travesía terrestre breve pero ardua, probablemente desde una charca a otra, por medio de un proceso increíble de adaptación, ha dado lugar a unas trece mil especies de vertebrados que habitan actualmente tanto en la tierra como en su interior y en el aire, además de en los mares (focas y ballenas). El éxito del programa de adaptación de los insectos ha sido incluso mayor, ya que existen actualmente cerca de un millón de especies de insectos. El número de especies de plantas terrestres está seguramente en torno a las 300.000. Una de las razones de esta amplia variedad puede ser que la Tierra, en contraste con el agua, se divide en numerosos medios con características diferenciadas.

En respuesta a la diversidad de las características medioambientales, los organismos se han visto obligados a desarrollar formas más diferenciadas y esquemas de comportamiento más complejos de lo que hubieran necesitado en el agua. Esta evolución ha llegado hasta nuestra propia especie.

Esqueleto rígido de soporte, con articulaciones complejas y tendones

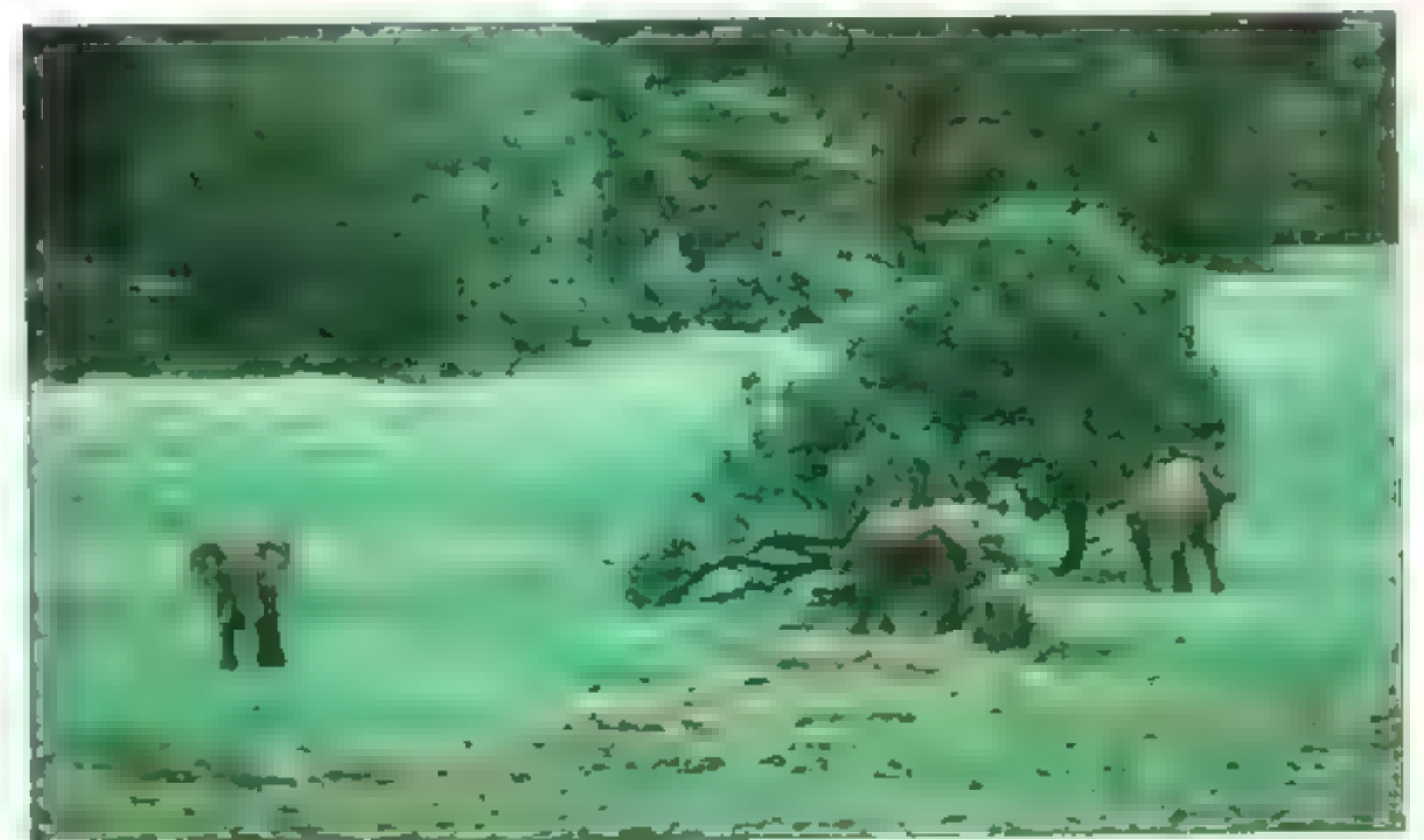
Fertilización interna por cópula; descendencia menos numerosa



La piel protege al animal de la desecación

Adaptaciones para respirar a través de vías respiratorias y pulmones

Piernas y pies para caminar sobre tierra firme

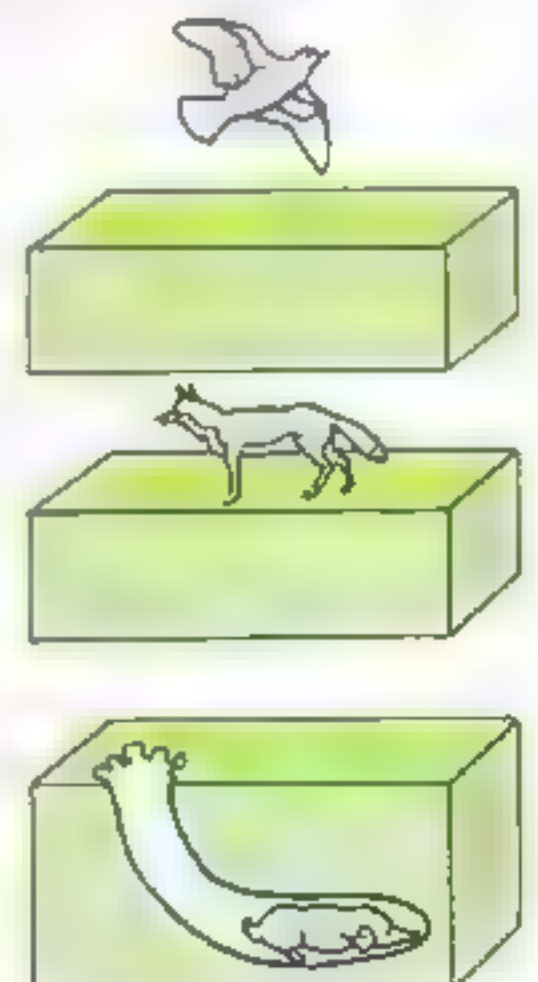


La vida ha colonizado la tierra

La invasión de la vida sobre la tierra firme ha transformado enteramente el mundo. Esta fotografía muestra diferentes formas de vida en diferentes niveles de complejidad, desde plantas herbáceas a elefantes.

Radiación adaptativa

En la biología evolutiva se aplica el término de radiación adaptativa a una especie madre que produce posteriormente otras especies, que a su vez ocupan nichos ecológicos especializados.



El celacanto, antepasado de los anfibios, dio lugar a miles de especies de vertebrados que viven sobre la tierra, en su interior y en el aire.

Las plantas terrestres



Las plantas acuáticas

no se lignifican. No necesitan una rigidez estructural, ya que su densidad es casi la misma que la del agua. Las especies de algas subacuáticas pueden alcanzar una longitud de varias decenas de metros y formar auténticos bosques. En el otro extremo de la escala, las plantas microscópicas pueden flotar como plancton, con ayuda de diminutas gotas de aceite en el protoplasma celular.



La corteza protege al árbol de la desecación.

El xilema transporta la humedad por todo el árbol desde las raíces.

El duramen muerto y duro forma el «esqueleto» interno del árbol.

La arquitectura del árbol

esta casi enteramente condicionada por la gravitación. El duramen interior convierte al tronco en rígido y eleva la copa del árbol hacia la luz. La humedad pasa desde las raíces hasta las hojas por capilaridad. ¿Por qué son tan altos los árboles? En parte porque compiten entre sí por la luz, pero también para proteger sus hojas de los animales. Los árboles evolucionaron en una época en que los dinosaurios herbívoros dominaban los continentes.

Era Paleozoica

570-225 millones de años.

La invasión de la Tierra por los invertebrados comenzó en la Era Paleozoica.



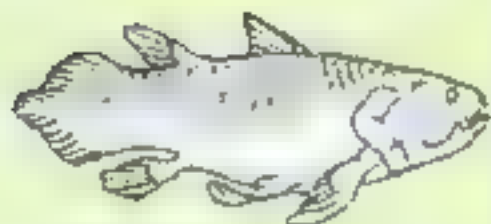
Gusanos



Moluscos



Artrópodos



Celacanto

Era Mesozoica

225-65 millones de años.

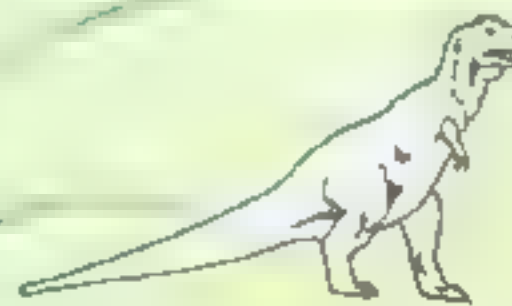
Las dos eras doradas de los vertebrados terrestres

La primera se dio durante el Mesozoico, cuando los dinosaurios ocupaban la mayor parte de los nichos ecológicos de los grandes animales terrestres y dominaban a los mamíferos primitivos. Esta era concluyó hace unos 65 millones de años cuando, de manera repentina e inexplicable, se extinguieron los dinosaurios. El apogeo de los mamíferos del Cenozoico culminó antes de la Era Glacial y ante el hombre, con su capacidad de destrucción y exterminación.

Mamíferos primitivos



Grandes dinosaurios (herbívoros y predadores)



Pequeños dinosaurios predadores

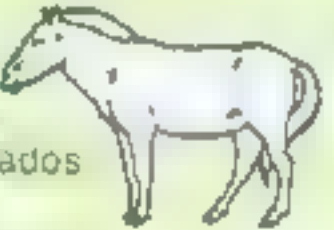
Era Cenozoica

65 millones de años hasta nuestros días.

Primates



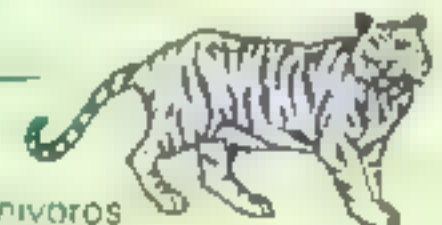
Ungulados



Insectívoros



Carnívoros



Marsupiales



Aves



Cocodrilos



Otros reptiles



Anfibios



Los bosques tropicales



Los bosques monzónicos y las selvas lluviosas constituyen sistemas ecológicos diferentes, debido a las diferencias climáticas. El bosque monzónico (arriba) tiene un periodo seco anual; las barras del diagrama muestran la distribución de las precipitaciones. Durante el periodo seco, la mayoría de los árboles pierden las hojas. La selva lluviosa (abajo) se mantiene verde todo el año ya que la distribución de las precipitaciones es más regular. Las temperaturas (curvas) se mantienen altas y regulares en todas las zonas tropicales bajas.

Los bosques monzónicos (arriba) se encuentran en Asia del sur y del suroeste. Las selvas lluviosas de tierras bajas crecen en un cinturón ecuatorial y alcanzan su mayor extensión en las cuencas de los ríos Amazonas y Congo (abajo).

El bosque necesita humedad. En las regiones tropicales, donde la lluvia es abundante, crecen las selvas tropicales lluviosas y los bosques monzónicos, según la distribución anual de las precipitaciones. Las selvas lluviosas de tierras bajas y las menos comunes selvas lluviosas de montaña se diferencian claramente entre sí. En las regiones donde hay menos lluvias surgen la sabana y otros tipos de vegetación.

Es la lucha por la energía del Sol lo que le da a la selva lluviosa su carácter específico. Las plantas se aferran y se superponen unas sobre otras para llegar hasta la luz. Por otro lado, el suelo de la selva está oscuro y húmedo. Los bosques tropicales carecen de la abundante vegetación del suelo de las zonas templadas.

En los bosques tropicales existe una mayor variedad de especies vegetales y animales que en ningún otro ecosistema; probablemente la mitad de todas las especies conocidas de la tierra se encuentra aquí. El motivo de esta enorme riqueza de especies es que los ecosistemas ecuatoriales se han mantenido estables desde hace varios millones de años. En estas regiones no ha habido épocas glaciales.

Las selvas lluviosas dan la impresión de una tremenda vitalidad, algo que es hasta cierto punto equívoco. Es grande la diferencia entre las condiciones de alta productividad de las copas de los árboles y el inhóspito suelo del bosque. Además, el medio de la selva lluviosa es excepcionalmente delicado. En los bosques de zonas templadas sólo una pequeña parte del carbono orgánico presente se encuentra en las plantas vivas; la mayor parte está almacenado en una gruesa capa de humus sobre el suelo. Sin embargo, en una selva lluviosa, el carbono se convierte de manera casi inmediata en nueva vegetación. En otras palabras, la capa de humus es muy delgada y se destruye rápidamente cuando desaparece la cubierta del bosque. Bajo el humus hay suelos poco fértiles que se transforman fácilmente en laterita, una masa parecida al ladrillo.

Los esfuerzos del hombre por explotar comercialmente los bosques tropicales pueden tener consecuencias desastrosas. Las rozas de tierra tradicionales no son especialmente peligrosas, aunque la pobreza y la desesperación pueden conducir a una deforestación imprudente totalmente destructiva. Las consecuencias pueden ser igualmente graves cuando las compañías madereras y de alimentación internacionales penetran en los bosques con su maquinaria pesada, buscando rápidos beneficios. Tras algunas cosechas buenas el suelo se agota y no puede sostener más que maleza. El proceso de devastación está avanzando a tal ritmo, que las selvas lluviosas y sus formas de vida podrían encontrarse al borde de la extinción total dentro de unas décadas.

Las selvas lluviosas del Viejo y Nuevo Mundo difieren en su flora y su fauna. Aquí se muestra una selva sudamericana, aunque la amenaza a su existencia es la misma para todos los bosques tropicales, el hombre.

La bóveda

Debido a la abundancia de luz solar la producción de biomasa es muy elevada en las copas de los árboles. Consecuentemente en este nivel tiene su hábitat un gran número de aves, insectos y monos.

Los árboles inferiores

Más abajo hay otra capa de copas. Estos niveles intermedios están formados por especies de árboles mejor adaptadas a la sombra que los que forman la bóveda. Estos niveles inferiores albergan también su fauna específica.

Epífitas

Muchas plantas, como las orquídeas, crecen entre los árboles. Algunas de estas epífitas son parásitos que se alimentan de sus huéspedes, mientras que otras simplemente utilizan los árboles para escalar hacia la luz. Otras epífitas son las saprofitas, que viven de la materia orgánica en descomposición.

Las palmeras

no sue en crecer tanto como los árboles caducos. No abundan pues, en el interior sombrío de las selvas lluviosas, aunque si se dan donde les llega el sol por ejemplo, a lo largo de las corrientes de agua.

Las sombras permanentes

reinan en el suelo de la selva, por lo que este medio no es muy productivo. Diversos organismos que tienen aquí su hábitat descomponen las hojas caídas.

Estranguladoras

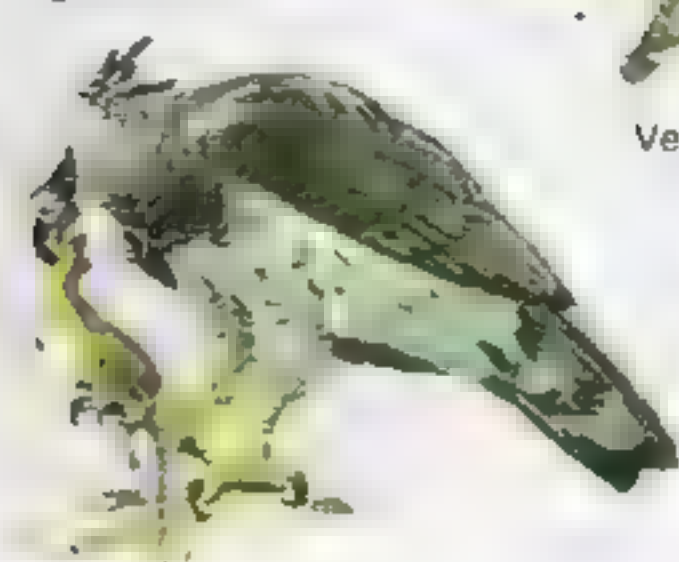
Muchas de las epífitas son estranguladoras que poco a poco asfixian y destruyen a la planta huésped.

El suelo

existente bajo la delgada capa de humus suele ser poco fértil, tierra latosa, de un color rojizo por los óxidos de hierro.



Aguila arp a



Vencejos



Especie de ficus



Los árboles más altos

que destacan por encima de la bóveda y a los que se denomina emergentes, albergan cierto número de especies de aves, incluyendo a los vencejos, íntimamente relacionados con las especies del Viejo Mundo. El águila arpia se alimenta principalmente de los monos de a bóveda.



Tucan



Colibrí



Titi

Murcielago vampiro



Boa verde de los árboles



Mono araña

Orquídeas



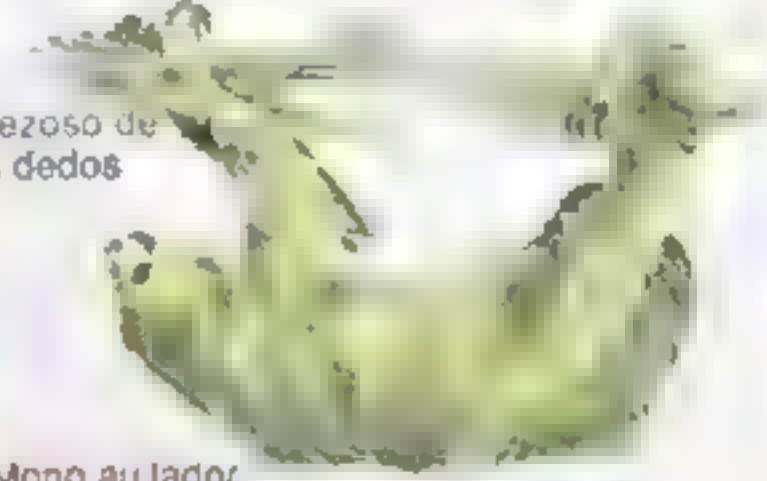
Mariposas diversas

Las copas de los árboles

son el habitat de una gran variedad de fauna. Hay aquí muchas especies de aves, desde los grotescos tucanes a los gráciles colibríes, en ocasiones no mayores que una mariposa grande. La boa verde de los árboles se desliza por las hojas tras monos y aves. Los vampiros nocturnos pasan durmiendo las horas de luz, mientras que las orquídeas florecen en las horquetas de las ramas y en las grietas de la corteza. Mariposas de colores brillantes se mueven por entre medias y por encima de las copas de los árboles.



Perezoso de dos dedos



Mono au lado



Ocelote



Lianas

En los árboles más bajos

numerosas hordas de monos aulladores saludan al amanecer a coro. Sus gritos se pueden oír a varios kilómetros de distancia. El perezoso de dos dedos se pasea indolente entre las ramas. Esta criatura no tiene enemigos, por lo que no necesita ni veocidad ni agilidad. A diferencia del jaguar, más pesado, el ágil ocelote caza entre las ramas con tranquilidad.



Armadillo gigante



Aguti



Anaconda



Jaguar



Arbustos

En el suelo

el armadillo gigante se enraiza entre las hojas muertas, mientras que el aguti, un roedor, corre buscando frutas caídas. El jaguar frecuenta las tierras próximas a los ríos, en las que nadan las anacondas, las serpientes más grandes del mundo, con una longitud de hasta 10 metros.



Hormigas quinaso



Onicóforo



Colembolo



Hongo y micelio

En el subsuelo

una multitud de invertebrados, hongos y bacterias descomponen la materia orgánica muerta para reciclar los nutrientes para la producción biológica ulterior.

Los herbazales

El bosque tropical o templado se hace menos denso y deja paso a las formaciones herbáceas cuando las precipitaciones son insuficientes, con relación a la evaporación, o porque su irregular distribución anual no les permite mantener una capa continua de bosque. Las grandes formaciones herbáceas del mundo se encuentran en lugares en los que, debido al sistema de circulación general del aire, predominan las masas descendentes de aire seco.

Las formaciones herbáceas del mundo

Las llanuras herbáceas no constituyen uno, sino varios medios. Las sabanas tropicales, las praderas de zonas templadas y las estepas continentales difieren en muchos aspectos. En primer lugar, las sabanas no tienen invierno; al estar situadas entre los trópicos de Cáncer y de Capricornio, tienen simplemente dos períodos secos al año. Cuando la sabana da paso a la estepa, la vegetación se hace más baja y más escasa, más espinosa y con hojas más pequeñas a medida que el clima se va volviendo más seco. La estepa de tierras bajas forma la zona de transición entre sabana y desierto. Otro tipo de estepa es la meseta continental, como las de Anatolia y Asia Central.

Las sabanas de África Oriental son las formaciones herbáceas mejor estudiadas del mundo. En comparación con las estepas monótonas y pobres, las sabanas son variadas y altamente productivas. La pradera es una especie de medio intermedio entre la sabana y la estepa, aunque apenas existe ya en su estado natural; en su mayor parte ha sido modificada por el cultivo. La sabana puede tener aspecto de bosque poco denso, tener paisaje de parque o estar totalmente desprovista de árboles, según la humedad. Las corrientes de agua tienen en sus orillas una estrecha franja de bosque, frecuentemente de una anchura de poco más de unas decenas de metros.

La cadena alimentaria

Las hierbas representan el elemento básico de la cadena alimentaria, a pesar de que no aparecieron hasta hace 50-60 millones de años, es decir, en la era Cenozoica. Lo mismo puede decirse de los herbívoros. Los dientes y el sistema digestivo de los ungulados, especialmente de los rumiantes, se han adaptado a una dieta de hierba rica en celulosa, mientras que la hierba se ha adaptado también a los herbívoros, ya que, a diferencia de la mayoría del resto de plantas vasculares, la hierba no crece en el extremo superior, sino por la base, de tal manera que los tallos pueden sobrevivir a pesar de estar siendo continuamente roídos.

Los herbívoros tienen hábitos alimenticios específicos. Las jirafas comen hojas y ramas frescas de la parte superior de los árboles, los elefantes hojas y ramas de partes inferiores, y las cebras, los antílopes y las gacelas pastan en hierbas de diferente altura y consistencia. De esta manera, los herbívoros obtienen el mayor rendimiento de la flora. Los enormes rebaños representan una adaptación a la amenaza de los predadores. Los grandes animales no pueden ocultarse en las llanuras, pero pueden esconderse entre sus semejantes. Así, los animales fuertes de mayor categoría se sitúan en el centro del rebaño, mientras que los más débiles tienen que mantenerse en el exterior.

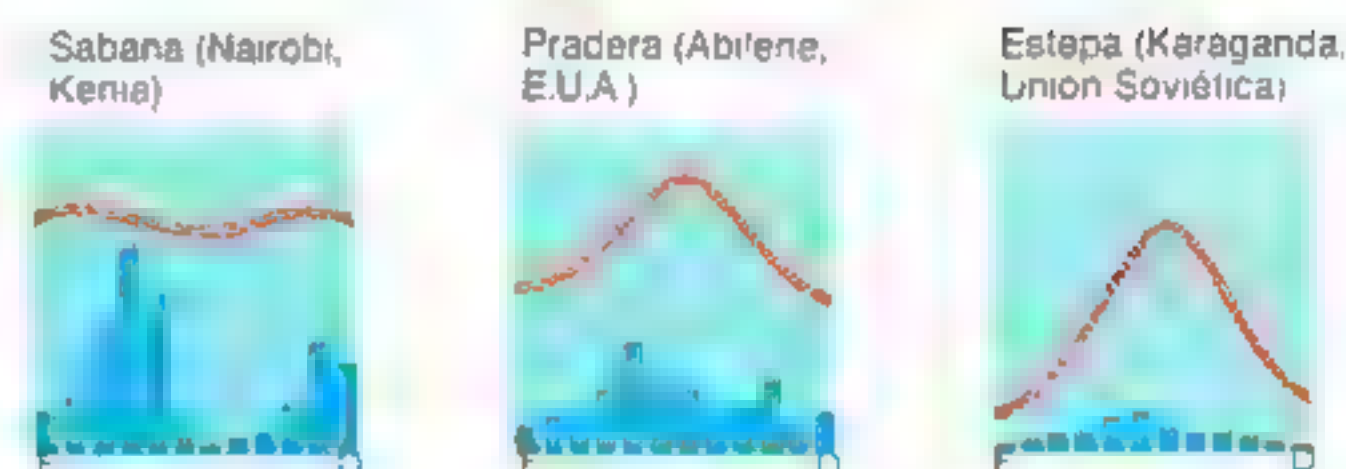
Los predadores de llanuras constituyen un interesante tema de estudio, aunque su peso total no sobrepasa la décima parte del de los herbívoros. La diferencia entre los llamados predadores y los carroñeros no es siempre clara. Estudios nocturnos realizados mediante intensificadores de imagen han revelado que la hiena es un excelente cazador; el hecho de que se vean leones y hienas en torno a un mismo cadáver, no significa que los leones hayan abatido la presa.

El hombre en las formaciones herbáceas

La raza humana evolucionó en las llanuras herbáceas de África y el hombre sigue habitando las sabanas y las estepas como cazador-recolector, pastor nómada y agricultor. Cazadores y nómadas siguen a los animales, que a su vez siguen las estaciones de lluvia y los ciclos de la vegetación. El agricultor no sigue este ciclo. En muchos sitios el aumento de la producción ha traído la introducción de métodos de cultivo imprudentes, pastoreo abusivo y la destrucción de medios finalmente equilibrados. De esta manera la productiva sabana puede empobrecerse y convertirse en una estepa, que a su vez puede degradarse, transformándose en desierto, hasta que, finalmente, el viento puede hacer desaparecer el suelo, dejando sólo una capa estéril de pequeñas piedras, un pavimento desértico.

Regiones herbáceas

Todos los continentes, a excepción de la Antártida, tienen herbazales. Las praderas de Norteamérica, los llanos y pampas de América del Sur, las sabanas y estepas africanas, y las de Europa del Este y de Asia Central. El continente verde por excelencia es Australia, con un inmenso cinturón de formaciones herbáceas en torno a un núcleo interior desértico.

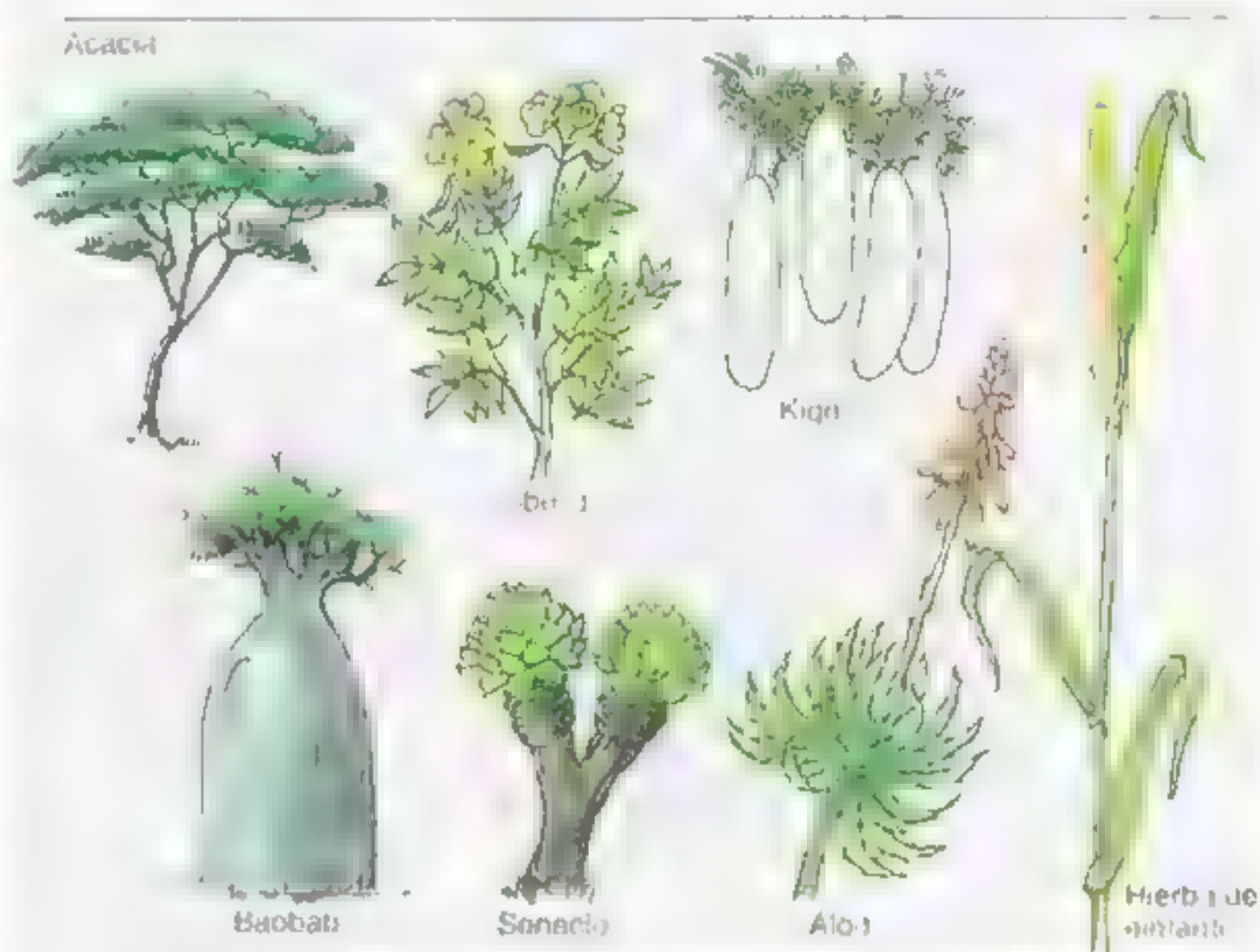


Sabana, pradera, estepa

Estos diagramas muestran los climas de la sabana, de la pradera y de la estepa. La precipitación (barras) suele tener dos periodos anuales de máxima intensidad, aunque es mayor en la sabana que en la estepa. Las temperaturas (curvas) son siempre altas en la sabana, mientras que en la estepa el invierno es frío. En la pradera, situada entre los climas húmedos y áridos, tanto las precipitaciones como las temperaturas son intermedias.

La flora de la sabana

no está tan adaptada a la sequía como a del desierto, los periodos secos de la sabana son mas cortos que los del desierto. Las hierbas son los productores principales de biomasa, siendo, por tanto el sustento principal de los animales, aunque entre las plantas características se encuentran árboles como el espino paraguay y el baobab.



Animales de la sabana

Самодорок и самородок

2. Quando Lázaro foi sepultado, os amigos de Jesus, incluindo Nicodemo, estavam presentes. Quando Jesus chegou ao túmulo, eles estavam lá. Quando Jesus saiu do túmulo, eles estavam lá. Quando Jesus foi crucificado, eles estavam lá. Quando Jesus foi sepultado, eles estavam lá. Quando Jesus ressuscitou, eles estavam lá. Quando Jesus apareceu aos seus discípulos, eles estavam lá. Quando Jesus subiu ao céu, eles estavam lá. Quando Jesus voltou, eles estavam lá. Quando Jesus apareceu aos seus discípulos, eles estavam lá. Quando Jesus subiu ao céu, eles estavam lá. Quando Jesus voltou, eles estavam lá.



Los grandes rebaños

no vagan al azar por las sabanas de África del Este. Realizan migraciones periódicas regulares, gobernadas por las variaciones periódicas de las lluvias y la vegetación. El comportamiento del rebaño es una adaptación a la amenaza de los predadores disminuyendo el peligro para el animal individual. La fotografía muestra un rebaño mixto de gnus y cebras en África del Este.



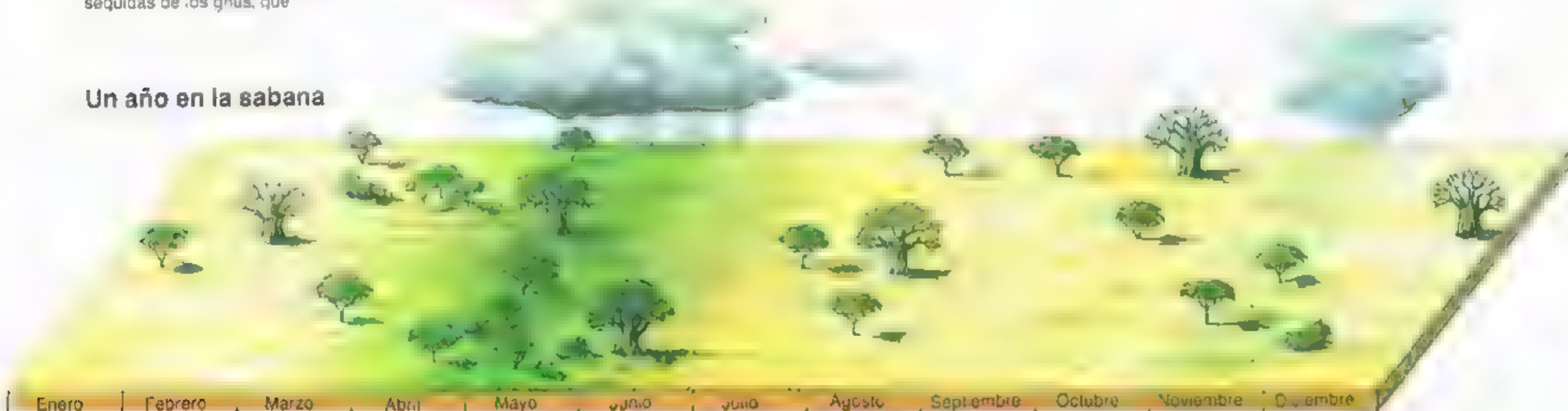
Pastoreos sucesivos



Tras la lluvia, la hierba nueva crece con gran rapidez, y es devorada por una sucesión ordenada de animales: primero vienen las cebras, comiendo las hierbas más altas y más duras secadas de los gnus, que

comen los más medianos. Finalmente, la gacela Thomson mordia las hojas más tiernas. Este pastoreo sucesivo permite el máximo aprovechamiento de la hierba.

Un año en la sabana



En las sabanas africanas, los dos periodos anuales de lluvia son muy pronunciados. Las «lluvias largas» duran un par de meses, las «lluvias cortas» aproximadamente un mes. La lluvia hace

que el terreno cambie abruptamente de color de un amarillo pardo al verde. Entre estos periodos de lluvia el suelo va recuperando gradualmente el color del periodo seco.

Herbivoros

Los herbívoros están también especializados. El elefante busca su alimento en los árboles, el facóquero principalmente en el suelo. La cebra, el gnu y la gacela forman entre ellos una clara sucesión de pastoreo, tal como se muestra en el diagrama superior de esta página.

Gacela de Thomson



Gnu rayado

Cebra de Grant

Elefante africano

Facóquero

El hombre y las formaciones herbáceas

En la seca sabana la productividad agrícola es baja. Sin embargo, el monocultivo comercial es más peligroso para el medio que la variada agricultura de subsistencia. La ganadería intensiva acarrea con frecuencia la destrucción total de la vegetación del suelo. Una especie introducida, el ganado vacuno, aprovecha los pastos con menor eficacia que los animales que forman una sucesión natural de pastoreo. La protección racional de la caza mayor y su pastoreo danan un rendimiento más alto. Si bien es difícil esta organización y suele chocar con costumbres y tradiciones. La riqueza de un nómada se calcula por el número de cabezas de ganado que posee y sin tal riqueza, las dotes y muchas otras transacciones sociales resultan imposibles.



Los desiertos



De formación arbustiva a desierto

La región arbustiva seca (arriba, izquierda) tiene una capa continua de xerófitas y arbustos espinosos. El semidesierto tiene una vegetación discontinua, rodeada de suelo desnudo, mientras que el desierto (derecha) es yermo, con vida vegetal dispersa.



Los desiertos del mundo

Cubren un 15 por 100 de la superficie de los continentes y se encuentran principalmente entre las regiones tropicales y subtropicales donde las masas de aire seco descienden al suelo. Desde el Atlántico a Asia Central se extiende un amplio cinturón de desiertos.

Arena, piedra y roca

Típos de desierto

La geografía local, la altura y los vientos crean tipos diferentes de desiertos. Los principales son el desierto de arena (-erg- en árabe), el desierto pedregoso (-sarrir-) y el desierto rocoso (-hammamet-). Todos estos tipos están representados en muchas regiones desérticas.



Viento y arena

Las dunas *barchánicas* se forman cuando el viento empuja la arena por el lado de barlovento. Los remolinos que se crean detrás de la cresta hacen que se deposite la arena y que avance la duna. Aparecen en áreas en las que el viento sopla únicamente en un sentido y se forman en ángulo recto a su dirección.

Un mar de arena

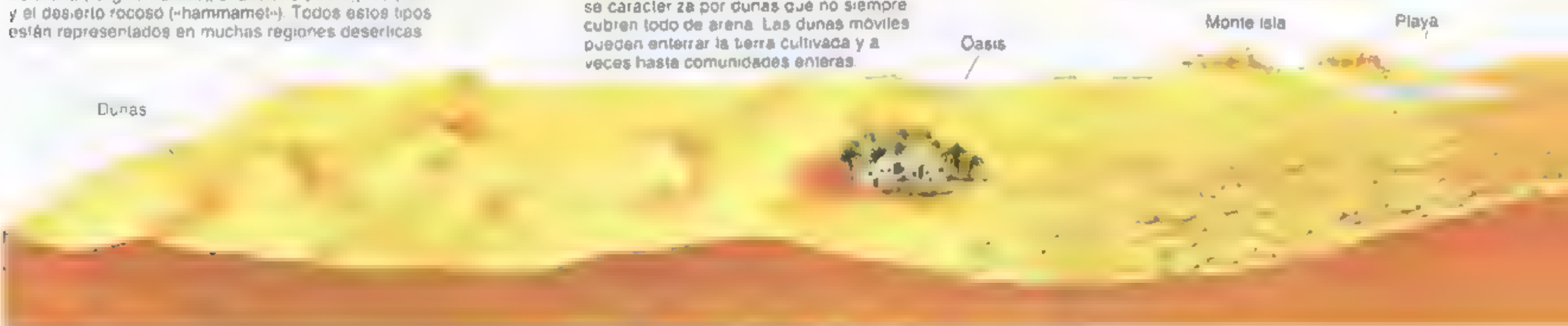
es lo que generalmente nos imaginamos al pensar en el desierto. Sin embargo, de hecho el desierto de arena no es muy frecuente: por ejemplo, en el Sahara ocupa únicamente un 9 por 100 del área total. El viento trae la arena de los desiertos rocosos y pedregosos adyacentes y la deposita formando dunas (arriba, derecha).

El desierto de arena

se caracteriza por dunas que no siempre cubren todo de arena. Las dunas móviles pueden enterrar la tierra cultivada y a veces hasta comunidades enteras.

El desierto pedregoso

está recubierto de piedras de diferente tamaño, desde peñascos a gravas gruesas. Estas piedras están con frecuencia concentradas en tal densidad que crean una cascada desértica.



Los desiertos son consecuencia del sistema general de circulación del aire, que distribuye las precipitaciones sobre la superficie de la tierra de manera desigual. Los grandes desiertos se encuentran en las regiones fronterizas entre las zonas tropicales y subtropicales. Aquí el aire tropical, que se ha elevado en la zona de convergencia intertropical descargando su humedad, vuelve a descender al otro lado de la célula convectiva. También pueden intervenir factores locales. Las cordilleras pueden actuar como gigantes deshumidificadores, por lo que las áreas que cobijan pueden convertirse fácilmente en desiertos o semidesiertos. La causa principal de los desiertos costeros son las frías corrientes oceánicas, que obligan a los vientos del mar a depositar las lluvias sobre el agua.

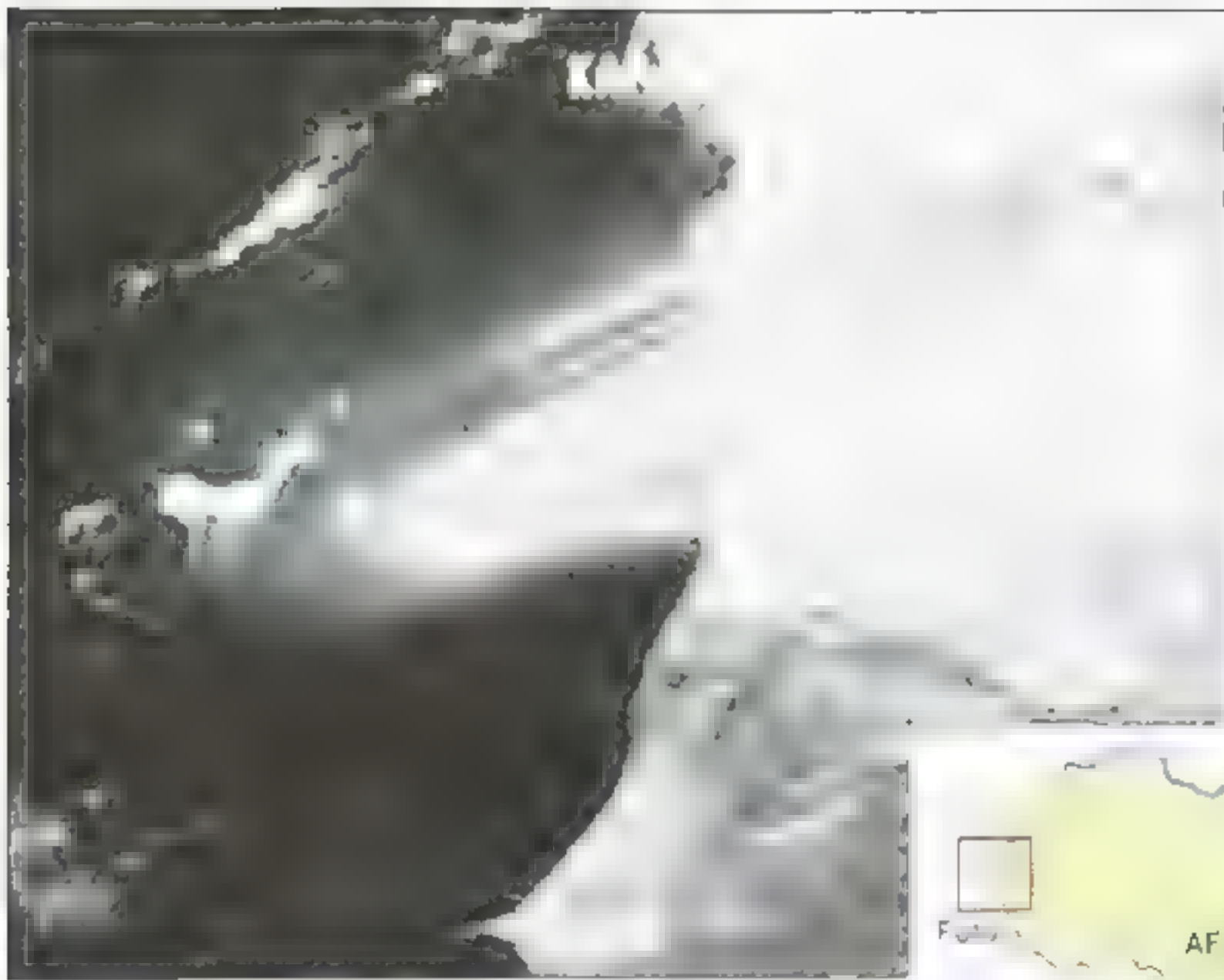
En el desierto llueve con muy poca frecuencia, aunque cuando lo hace el efecto es espectacular. Rápidos y ruidosos torrentes se precipitan por los secos lechos de los ríos, los cuencos salobres se convierten en lagos temporales y los millones de semillas que han permanecido dormidas en el suelo se transforman en una vegetación sorprendente. Poco después el desierto retorna a su aridez acostumbrada, aunque la lluvia ha rellenado los acuíferos que suelen encontrarse bajo la superficie.

Los desiertos presentan paisajes variados. Los más comunes son los diferentes tipos de desiertos de piedras y desiertos rocosos. El desierto de arena se crea cuando los vientos dominantes

arrastran las partículas minerales de las zonas desérticas adyacentes durante largos períodos de tiempo. Un rasgo común de todos los desiertos áridos son las extremas variaciones de temperatura, consecuencia del aire seco y claro que permite una fortísima insolación durante el día, y de una pérdida de calor igualmente fuerte por la noche a causa de la irradiación.

Sobrevivir en este medio extremo exige una adaptación biológica trascendental. Las plantas desérticas suelen tener una piel correa o cerosa que las protege de la desecación. Ciertos animales, como las ratas de desierto, pueden pasarse sin agua. A través de su comportamiento los animales se han logrado adaptar a las condiciones del desierto. Se entierran durante el día y se mueven por la noche con ayuda de un oído muy fino, táctica empleada tanto por los predadores como por sus presas.

La extensión de los desiertos ha variado en las diferentes épocas geológicas. Sin embargo, en nuestros días hay que contar con un nuevo elemento, el hombre. Los intentos de cultivar la tierra y criar ganado en lugares en los que la precipitación es insuficiente han convertido en desiertos grandes zonas de formaciones arbustivas, sabanas o incluso bosques. Las poblaciones de estas zonas son perfectamente conscientes de lo que sucede, aunque la pobreza les obliga a destruir su medio mediante el pastoreo y la explotación abusiva de los suelos y la recogida de material combustible por una simple cuestión de supervivencia diaria.



Viento y polvo

Los vientos transportan con frecuencia ligeras partículas de polvo desde zonas desérticas, depositándolas en otros puntos como limos eólicos como el desierto de la China septentrional. Estos suelos suelen ser muy fértiles si tienen agua suficiente. El polvo arrastrado al mar produce arcillas marinas rojas.

Tempestad de arena sobre el Atlántico

Los vientos fuertes pueden arrastrar el polvo del desierto a grandes distancias. Esta fotografía de satélite muestra cómo un viento levanta el polvo desde el desierto de África hacia el Atlántico, llegando hasta las islas de Cabo Verde a una distancia de unos mil kilómetros. Las partículas más pequeñas pueden permanecer en el aire el tiempo suficiente para cruzar el Atlántico.

El desierto rocoso

Este es formado por roca madre en la que el viento ha arrastrado todo el suelo. Al igual que el desierto pedregoso, está entrecruzado de wadis (cauces de ríos generalmente secos).

Rocas erosionadas por el viento. Taldes.

Viento y roca

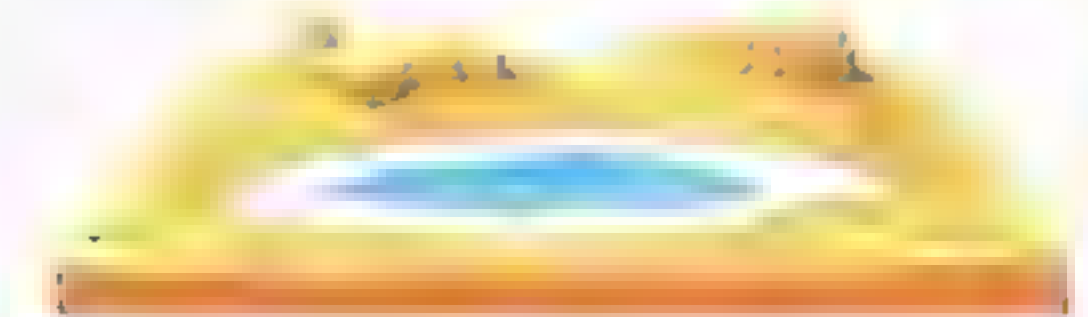
Los vientos del desierto arrastran arena con la que esculpen muchas formas redondas características en las duras rocas desérticas. A este proceso se le denomina abrasión.

Formación de un chott

Las lluvias escasas pero intensas y la fuerte evaporación —la evaporación potencial puede ser diez veces superior a las precipitaciones anuales— produce cuencos salobres («chott» en árabe), lagunas salinas poco profundas que a veces se secan totalmente.



Los wadis llevan el agua de lluvia hasta el desierto donde pueden formar un lago amplio aunque poco profundo y temporal. El agua contiene sales disueltas de las capas de suelo situadas por encima de la zona de drenaje.



La evaporación es rápida y el lago disminuye. El agua pura pasa a la atmósfera, quedando las sales. La salinidad del agua aumenta y las sales, cloruros y sulfatos se precipitan.



El agua se transforma en un fango salino corrosivo o desaparece totalmente. Si el agua tiene un alto contenido de arcillas y arena queda una playa suave y fina. Durante miles de años la sal de estos chotts ha sido un producto importante en el tráfico de caravanas a través del Sahara.

La adaptación al desierto

La flora y la fauna del desierto son muy características. Este «corte» pertenece al oeste de América del Norte, aunque se encuentran adaptaciones semejantes en muchos desiertos. Tanto la zorra como el ratón canguro, por ejemplo, tienen casi correspondientes exactos en el Sahara.



Los mamíferos del desierto suelen ser nocturnos y durante el día se entierran para protegerse del calor y evitar a los predadores. La zorra tiene unas orejas enormes, adaptación que le permite localizar a su presa casi exclusivamente por el oído. La construcción del ratón canguro le permite tener el mínimo contacto posible con la arena caliente. Los insectos, arácnidos y reptiles que tienen dificultad para regular su temperatura sobreviven alternando entre el sol y la sombra. La mayoría de las plantas del desierto tienen una piel

correa y dura que las protege de la deshidratación, así como espinas que les protegen de los animales que buscan el agua que almacenan. La floración se da en intervalos poco frecuentes y depende de la humedad y la temperatura. Ciertas plantas pueden sobrevivir a muchos años de sequía, en estado de latencia en forma de semillas. Cuando llegan las lluvias, hojas, flores y semillas se producen con tal rapidez que parece casi un milagro. Los cactus de este diagrama son típicos de las zonas desérticas y semidesérticas del Nuevo Mundo.

Los bosques templados

Bosques boreales

Las mayores regiones de bosque templado se encuentran en el hemisferio norte. Entre el límite de la tundra y aproximadamente los 50° N, se extiende un cinturón de bosque de coníferas por el norte de América del Norte, de Europa y de Asia. Al sur de esta región hay otro cinturón de una extensión variable formado por arbolado mixto y caducifolio. Las zonas de clima mediterráneo tienen árboles caducifolios siempre verdes. Los diagramas muestran dos tipos de clima templado: a la derecha un clima continental seco con grandes diferencias de temperaturas (curvas) y máximas precipitaciones en verano (barras); más a la derecha, un clima mediterráneo en el que las temperaturas anuales son más regulares y las precipitaciones mayores en invierno.



Kuopio, Finlandia



Argel, Argelia

Bosque de coníferas

Las regiones de bosques de coníferas constituyen una fuente de materias primas, madera serrada, pasta de papel y combustible. En general las mismas especies de árboles cubren grandes zonas, lo que facilita la explotación mecanizada a gran escala. Hacia el límite del bosque, tanto en las laderas de las montañas como en las zonas próximas a la tundra en el norte, las coníferas dejan paso al abedul y al matorral, que se van degradando a medida que las condiciones se hacen más severas.



El bosque es la vegetación natural de la mayor parte de las zonas templadas de la Tierra. Las necesidades climáticas del bosque templado son precipitaciones relativamente abundantes, temperaturas moderadas y una clara diferencia entre verano e invierno. A través de Asia, Europa y América del Norte, y de este a oeste se extiende un cinturón de bosques de coníferas; su límite meridional coincide en general con el límite meridional de los climas fríos, según la definición del climatólogo austriaco Koppen, es decir, donde las temperaturas medias del mes más frío están por debajo de -30°C. En el hemisferio sur estas latitudes corresponden en general a zonas marítimas, por lo que prácticamente no existe el bosque templado. Donde sí existe, en África del Sur y en el suroeste de Australia, es del tipo mediterráneo perenne.

En las zonas de clima templado frío o de clima frío, los suelos de podzol son los más comunes. Las precipitaciones lixivian las sustancias de la capa superior de humus, depositándolas como un estrato pardo a mayor profundidad. Más al sur el bosque caducifolio crece sobre suelos no lixiviados, aunque pardos y con humus producido por la vegetación en descomposición, que se concentran en una capa espesa y profunda.

Durante la última glaciación el bosque templado retrocedió ante el hielo y la tundra, y en Europa el bosque sobrevivió únicamente en algunos puntos resguardados. Cuando los hielos se retiraron hacia el norte, la tundra se retiró tras ellos y el bosque volvió a progresar. La picea o abeto, que ahora florece en grandes zonas en los bosques boreales, llegó tardíamente. El análisis del polen (el empleo de granos de polen recogidos de turberas y sedimentos para determinar las especies de plantas existentes en épocas antiguas) ha revelado que durante el período cálido posglacial el bosque caducifolio se extendió muy hasta el norte de Europa, siendo frecuentes los bosques de avellanos.

Para los cazadores y recolectores del principio de la Edad de Piedra, el bosque era tanto fuente de alimento como hábitat. Al final de la Edad de Piedra, los pobladores abrieron claros en las regiones de bosque caducifolio, formando con el tiempo los primeros asentamientos agrícolas. Los griegos y los romanos despoblaron grandes zonas del Mediterráneo, pero hasta la Edad Media no se abrieron brechas importantes en los bosques europeos (en América del Norte no sucedió hasta que los colonos comenzaron a asentarse en el siglo XIX). El hecho de que la caza fuera un privilegio feudal celosamente guardado fue la salvación de muchos bosques de Europa Occidental. En muchas lenguas, bosques y coto de caza eran sinónimos. Cuando a los campesinos suecos se les concedió el derecho a la caza, a finales del siglo XVIII, al cabo de unos pocos años los grandes animales se encontraban al borde de la extinción.

En las zonas de bosque caducifolio, los ingresos obtenidos por los derechos de caza siguen teniendo muy en cuenta y hasta cierto punto permiten la supervivencia de medios de bosque mixto ecológicamente productivos. En las regiones de coníferas, escasamente pobladas, los bosques se aprovechan más concretamente como fuentes de materias primas para las industrias madereras y del papel.

Bosque mixto

En el bosque mixto las especies más frecuentes son los árboles caducifolios resistentes, como el abedul y las diversas especies de salix (sauces, etc.). Las coníferas crecen principalmente en suelos pobres. Los diversos medios de los bosques mixtos ofrecen una amplia selección de nichos ecológicos especializados y, consecuentemente, una fauna diversificada. Sin embargo, este tipo de bosque mixto es actualmente poco frecuente. Se han desbrozado grandes zonas para cultivos y las que aún quedan están en peligro de ser sustituidas por monocultivos de coníferas de más rápido crecimiento y comercialmente más atractivas.



Bosque caducifolio

El bosque caducifolio lo forman principalmente árboles duros como el roble, el haya, el alno, el tilo, el arce. En zonas de clima marítimo es característico el acebo perenne. Debido a la densa y sombreada bóveda, la vegetación del suelo no es tan abundante como en el bosque mixto, aunque sigue siendo muy productiva. Este tipo de bosque duro escasea aún más que el bosque mixto, ya que desde la Edad Media ha estado sometido a rozas para facilitar los cultivos.

El ciclo anual

El bosque caducifolio experimenta cambios estacionales, con una estación de crecimiento que va de primavera a otoño, seguida por un período de latencia en invierno.





Flora y fauna de los bosques

Las especies de la izquierda son nativas de Europa y Asia. América del Norte tiene plantas y animales similares, situados en nichos ecológicos correspondientes. En los bosques de coníferas las especies son casi idénticas a ambos lados del Atlántico.

Regiones de bosques de coníferas
 Los pinos crecen principalmente en suelos pobres, mientras que la picea o abeto prefiere suelos más ricos y más húmedos. La linaria es un representante de la abundante vegetación del suelo del bosque de coníferas. La marta es un carnívoro que atrapa a sus presas en los árboles. El urogallo se encuentra principalmente en bosque viejo de árboles altos. El oso pardo es la única especie de oso de Europa. Es herbívoro y carnívoro. El lince se encuentra en el norte y sur de Europa, principalmente en zonas montañosas. El reno es el mayor de la familia de los cérvidos y se alimenta de hojas, de ramas tiernas y de tallos de coníferas. El oso, el lince y el reno (alce) son también nativos de América del Norte.



Bosque mixto

El abedul es el árbol más característico de los bosques de caducifolios del norte, mientras que el alerce es una conífera caducifolia que pierde sus agujas en invierno. La zarzarrosa es frecuente en lugares abiertos con abundante luz, por ejemplo, en los bordes de los bosques y en los prados. La amplia variedad de la vegetación sostiene una gran abundancia de especies de aves. El herrerillo se encuentra en toda la zona templada de Eurasia. El buho leonado es específicamente nocturno, por lo que se le oye más que se le ve. El ciervo rojo es principalmente herbívoro. El zorro es un oportunista, que frecuenta asiduamente las profundidades de los bosques y las granjas y los alrededores de las poblaciones, mientras que el castor se limita exclusivamente a medios acuáticos.



Bosque caducifolio

El roble y el haya son típicos de los bosques de caducifolios europeos, y sus frutos, las bellotas y los hayucos, constituyen una fuente vital de alimento para los jabalíes y muchos otros animales del bosque. El roble deja pasar más luz que el haya, por lo que permite una vegetación del suelo más diversificada. Las anémonas de los bosques florecen profusamente al comienzo de la primavera, antes y durante la floración de los árboles. El corzo se despierta principalmente al anochecer y al amanecer, pudiéndose así adaptar a medios modificados por el hombre. Igualmente el abalí es principalmente nocturno. La ardilla roja europea no se limita al bosque caducifolio, sino que puede sobrevivir lo mismo de piñones que de bellotas. El gavilán ataca a los pájaros pequeños y la paloma torcaz se oculta más a menudo en las profundidades del bosque.



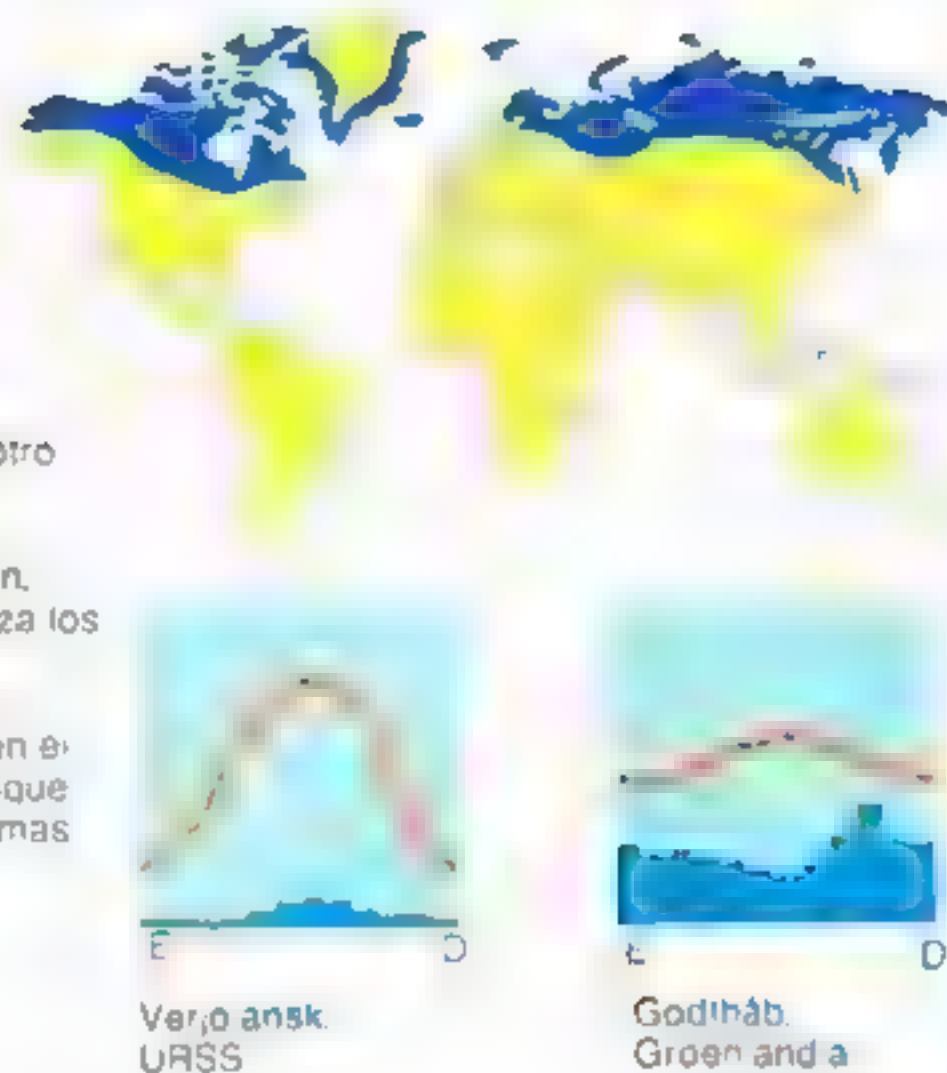
El suelo del bosque

En climas templados la descomposición de la biomasa muerta es un proceso lento, por lo que el suelo se cubre con una capa profunda de hojas, agujas, ramas de años anteriores: la capa inferior se encuentra en un estado más avanzado de descomposición. Hay pues, abundante alimento a ras del suelo, y es la luz la que constituye el factor limitante del crecimiento de la vegetación. El bosque de hayas (izquierda), con sus bóvedas extremadamente densas, tiene una flora muy escasa y solo pueden sobrevivir las plantas que florecen a comienzos de la primavera.

La tundra

El clima de la tundra

puede variar mucho de un punto a otro. Las precipitaciones (barras) y su distribución anual, y la temperatura (curvas) dependen de su localización, marítima o continental. El mar suaviza los cambios de temperatura y aporta precipitaciones. El largo y riguroso invierno y el corto verano constituyen el factor común que impide que el bosque invada la tundra. La media del mes más cálido no sobrepasa $+10^{\circ}\text{C}$.



La extensión de la tundra

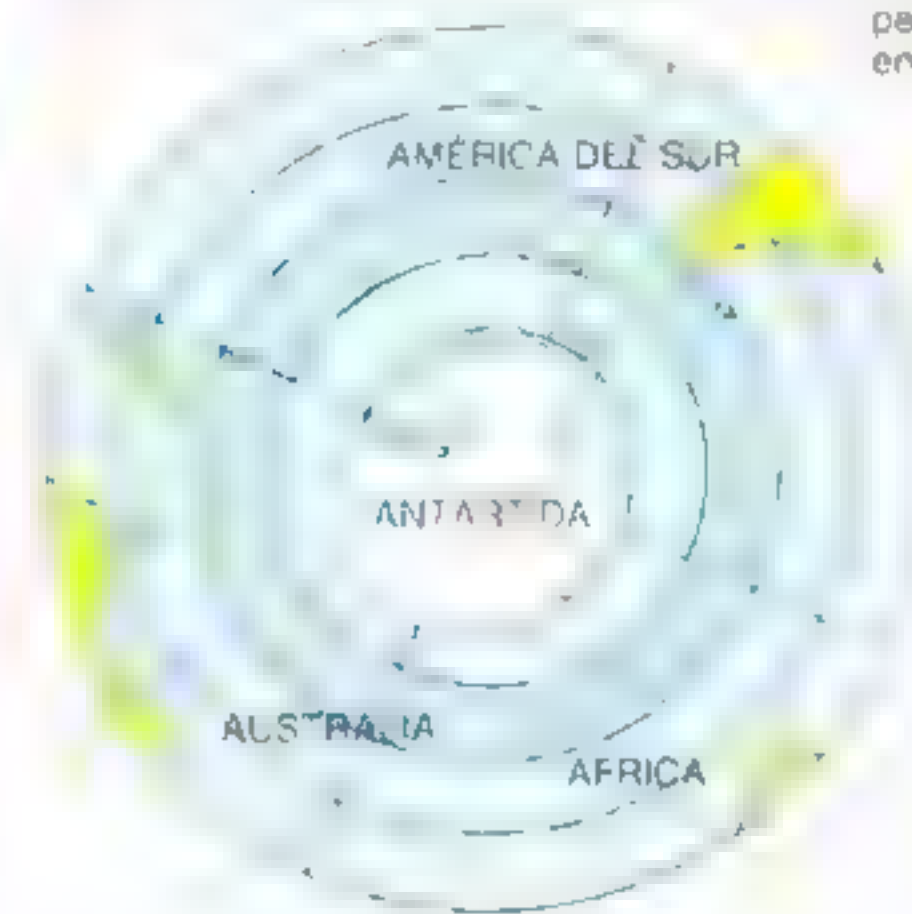
La tundra es la zona de vegetación comprendida entre el bosque de coníferas y los desiertos árticos. La línea de demarcación entre bosque y tundra la determina el clima, extendiéndose más hacia el sur en el Nuevo Mundo que en el Viejo. Otro factor determinante es la altura. Muy al sur de límite normal de tundra, en regiones montañosas como las Rocosas y los Urales, existe vegetación de tundra.

El sur sin tundra

En el hemisferio sur las regiones que podrían estar cubiertas de tundra (véase mapa inferior) están casi todas en el mar. Así, sólo se encuentran medios parecidos a la tundra marítima en la Tierra de Fuego y en ciertas islas oceánicas. Por la misma razón en el hemisferio sur no hay nada equivalente a las regiones septentrionales de bosques de coníferas.

Tierra, hielo y agua

Cuando se hiela un suelo muy húmedo, se forman fisuras en las que caen diminutas partículas de tierra. Así, todos los inviernos los materiales finos descienden y los gruesos ascenden. Este proceso produce tipos diferentes de terreno pedregoso, que con frecuencia se dispone en terrazas en las vertientes.



Los climatólogos definen la tundra de una manera sencilla: una zona en la cual la temperatura media mensual no sobrepasa jamás los $+10^{\circ}\text{C}$. Para los ecologistas y los esquimales la tundra es la zona situada entre el final del cinturón de bosques y el suelo helado y estéril de los desiertos árticos. El clima y el medio natural de la tundra no es sólo cuestión de latitud, sino también de altura. Son frecuentes los medios de tundra en cordilleras montañosas alejadas de sus límites normales. El clima de la tundra puede ser del tipo marítimo, con cambios de temperatura relativamente moderados y abundantes precipitaciones, o del tipo continental, muy seco con inviernos extremadamente fríos.

La tundra es un mundo de cambios estacionales espectaculares. En verano el paisaje bulle de animales y aves que parten en otoño. En invierno sólo permanecen unas pocas especies adaptadas al frío. El estado del suelo también cambia con las estaciones. Durante todo el año el *permafrost* mantiene el suelo helado. En el norte de Siberia alcanza una profundidad de 1.500 metros. En verano se deshuelan unos decímetros de la superficie, formando una zona activa en la que es posible la producción biológica.

Durante la glaciación más reciente, que acabó hace aproximadamente 10.000 años, la mayor parte de Europa, Asia y América del Norte estuvo cubierta de tundra. El medio de la época glacial y la tundra de hoy tienen mucho en común, caracterizándose ambos por pocas especies muy abundantes. Una sola especie vegetal puede cubrir una amplia zona, y aves y mamíferos suelen encontrarse en bandadas o rebaños numerosos. En este medio inestable la evolución no ha tenido aún tiempo de crear nichos ecológicos muy depurados.

Los cazadores y nómadas de la tundra empleaban una tecnología sencilla aunque muy refinada. No alteraban el equilibrio de

la naturaleza, contentándose con un diezmo de la abundante producción biológica del verano. El nivel de alimentación podía ser muy elevado, aunque no eran inusuales los años de escasez y hambre. A partir de la mitad del siglo XVIII los europeos empezaron a instalarse en las regiones árticas. La búsqueda de animales de pieles con fines comerciales diezmo la fauna, al tiempo que los nativos se veían afectados por las enfermedades y el alcohol. Las operaciones militares de la Segunda Guerra Mundial, la pesca industrial de la posguerra y la búsqueda de petróleo han pesado fuertemente sobre el medio de la tundra.

Los recién llegados han tenido que comprender que la tundra es un mundo diferente. Después de pasar un invierno retirando la capa superior aislante del suelo para construir un aeródromo, pueden encontrarse con que, en verano, al fundirse el *permafrost*, se hunde en una ciénaga de barro. Es fácil destruir el medio de la tundra, aunque vivir con él resulta difícil; requiere una tecnología bien adaptada y una atención especial, algo de lo que el hombre industrial no está siempre suficientemente dotado.

El *permafrost*



Suelo helado

Durante el invierno una profunda capa del suelo de la tundra está helada (arriba) y durante la corta estación estival sólo se deshiela una pequeña capa superficial (derecha). Bajo esta, el suelo



permanentemente helado (*permafrost*) impide la absorción del agua de la superficie, por lo que la capa superior está anegada y pantanosa en verano.



Por qué no hay árboles en la tundra

El *permafrost* impide que las raíces de los árboles penetren en el suelo. Las raíces poco profundas agarran mal en el suelo pantanoso, por lo que cualquier tipo de árbol que pudiera crecer sería derribado por los vientos.

El medio de la tundra

Pantanos

El *permafrost* obstaculiza el drenaje del suelo, ya que el agua de la superficie no puede infiltrarse. En consecuencia, durante el verano grandes áreas se convierten en pantanos. Los huecos se desarman mes a mes, es la pequeña moscas que pueden enriquecer a los ranos y llevarlos a la muerte.

Mar y costa

Las aguas árticas contienen abundante alimento y producen grandes cantidades de neblinas. Nada más desparecer el hielo en primavera aparecen grandes bandadas de aves marinas, aves zancudas. Andan en la región por la abundancia de alimento aunque cuando las nieves han aprendido a volar regresan al sur.

El hombre y la tundra

Los primeros cazadores alteraron poco el medio. El hombre industrial no vive en la tundra aunque explota sus recursos. La tundra es rica en recursos, pero la actividad humana es limitada. La naturaleza de las tundra es frágil y reparar los daños hechos a la vegetación es limitada.

Mesetas

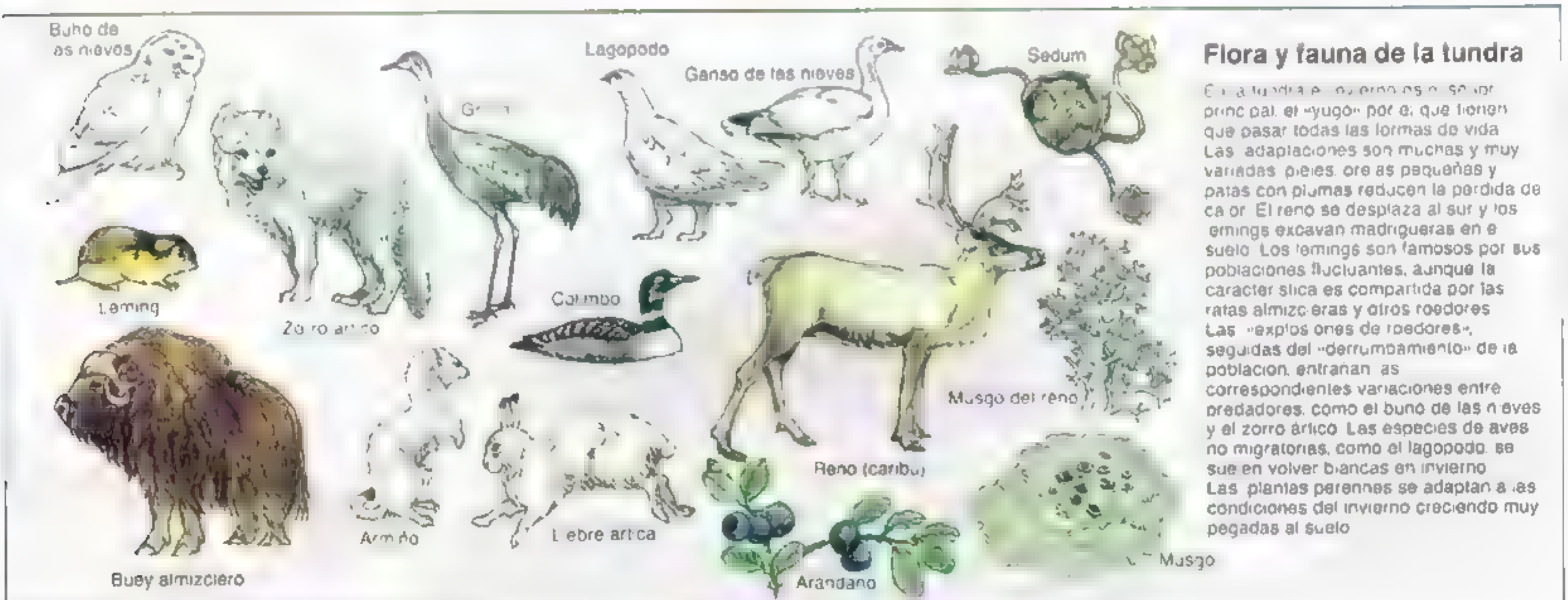
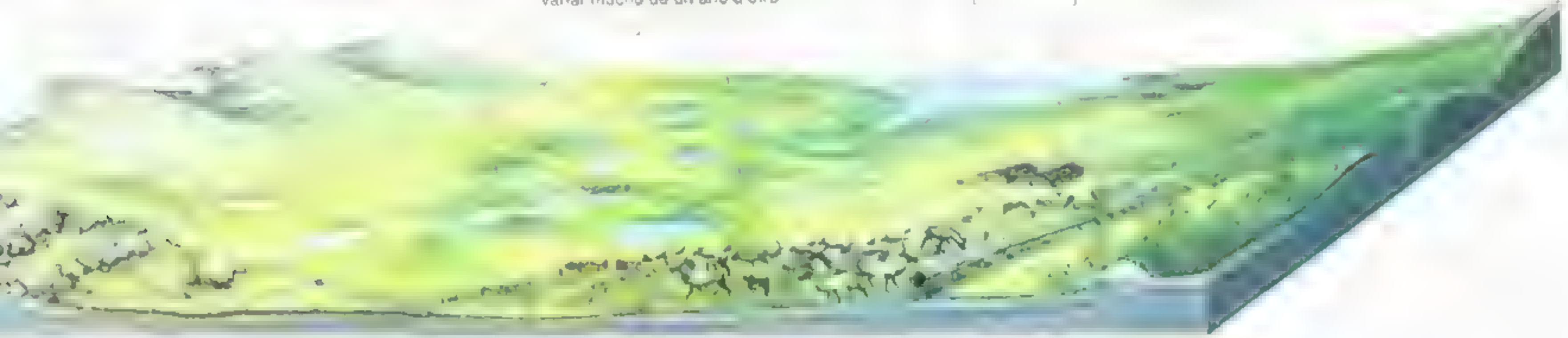
Un rasgo común del paisaje de la tundra son los montes en forma de cresta de nieve. Los montes están cubiertos de nieve y los valles están cubiertos de agua. La palabra *tundra*, de origen nórdico, significa cordillera baja y yerma.

Fauna estival

Los días largos y las altas temperaturas producen abundante alimento que atraen a los animales. Muchas especies de aves que pasan el invierno en los cinturones de bosques o incluso más al sur. Sin embargo, el equilibrio ecológico es inestable y las poblaciones animales pueden variar mucho de un año a otro.

La vegetación de la tundra

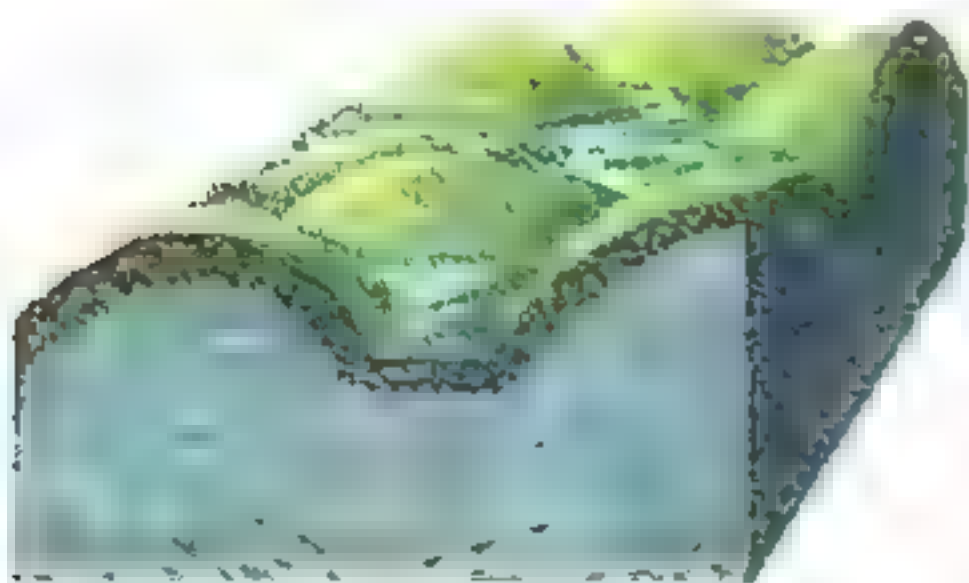
La tundra está formada por matorral, musgos, líquenes y plantas bajas. La vegetación es muy baja y los musgos y líquenes son los más comunes. Los vientos constantes contribuyen igualmente a mantener los matorrales bajos y pegados al suelo.



Flora y fauna de la tundra

En la tundra los organismos se adaptan principalmente al «yugo» por el que tienen que pasar todas las formas de vida. Las adaptaciones son muchas y muy variadas: pieles, orejas pequeñas y patas con plumas reducen la pérdida de calor. El reno se despiaza al sur y los lemmings excavan madrigueras en el suelo. Los lemmings son famosos por sus poblaciones fluctuantes, aunque la característica es compartida por las ratas almizcleras y otros roedores. Las «explosiones de roedores», seguidas del «derrumbamiento» de la población, entranan las correspondientes variaciones entre predadores, como el búho de las nieves y el zorro ártico. Las especies de aves no migratorias, como el lagopodo, se vuelven blancas en invierno. Las plantas perennes se adaptan a las condiciones del invierno creciendo muy pegadas al suelo.

Turba y hielo



Los pantanos de la tundra están formados por pequeñas elevaciones, *palsas*, separadas por depresiones anegadas. Cuando se hiel la turba se eleva, formando diminutas colinas. En verano solo se deshielan unos cm superficiales. Al invierno siguiente absorben mas agua que se hiel, y aumentan las palsas.

Camuflaje invernal

El paisaje de la tundra cambia espectacularmente de verano al invierno. La ausencia de vegetación protectora hace doblemente necesario el camuflaje invernal blanco, tanto de predadores como de presas. Gracias a la capa blanca la liebre corre menos peligro de ser localizada, el color blanco del zorro ártico en invierno le permite acechar a su presa. Este cambio de color no lo causa la

nieve directamente sino las variaciones de luz. Así en los inviernos con poca nieve, es fácil distinguir a los animales blancos sobre el suelo oscuro, mientras que en las primaveras con mucha nieve sucede lo contrario. Los animales migratorios (reno) y los que se entierran (lemmings) no necesitan cambiar de color.



La montaña

En relación con el tamaño de la Tierra, las montañas más altas son como simples arrugas en su rostro. La altura del Everest es setecientas veces menor que el radio del globo, y el Himalaya apenas se apreciaría desde el espacio, con excepción de los diferentes colores de la vegetación de los diversos niveles. Y en relación a la zona de llanuras, las zonas de muy alta montaña son igualmente reducidas.

Diferencias de altura aparentemente pequeñas sobre el nivel del mar pueden entrañar grandes diferencias de clima, de flora y de fauna. Con un aumento de unos cientos de metros, el medio puede cambiar tanto como si se acercara varios cientos de kilómetros hacia los Polos. La ecología de las montañas es, pues, muy distinta de la de las llanuras vecinas. Las montañas influyen también en el clima de las llanuras, modificando la circulación del aire, las precipitaciones y las corrientes de los ríos.

Las zonas ecológicas de la montaña

La clara disposición de las laderas montañosas en «pisos», cada uno con su propia vegetación, demuestra la relación entre ecología y altura. En muchos casos, los picos más elevados carecen de vegetación, con rocas desnudas, nieves perpetuas y glaciares. Los glaciares son más comunes en el lado de barlovento, donde la turbulencia del aire forma profundos ventisqueros.

Por debajo de la línea de nieves se encuentran los pastos alpinos y los páramos cubiertos de matorrales. Aquí las especies no suelen ser las mismas de la tundra ártica, aunque las condiciones son similares. En las regiones montañosas con escarpadas pendientes, el límite de bosques está marcado de forma clara, mientras que en las montañas subárticas más bajas hay una zona de

transición muy parecida a la existente entre el bosque de coníferas y la tundra, con bosques de abedules cada vez más degradados. La temperatura es el principal factor determinante del límite de bosques, al igual que del límite entre bosque y tundra, aunque el viento y la duración de las nieves de primavera desempeñan también un papel importante. En las regiones tropicales montañosas hay zonas de transición específicas y diferenciadas de bosques brumosos.

En las zonas templadas, el bosque de coníferas comienza a veces directamente en el límite de bosques, sin la zona de transición del bosque de abedules degradado. En los Alpes el árbol más característico es el abeto plateado. En esta zona son frecuentes los pastos. La palabra «Alp» significa realmente pasto de montaña en alemán. A medida que el bosque va descendiendo por la ladera, aumenta la proporción de árboles caducifolios, aunque más abajo la vegetación natural está muy transformada por la agricultura.

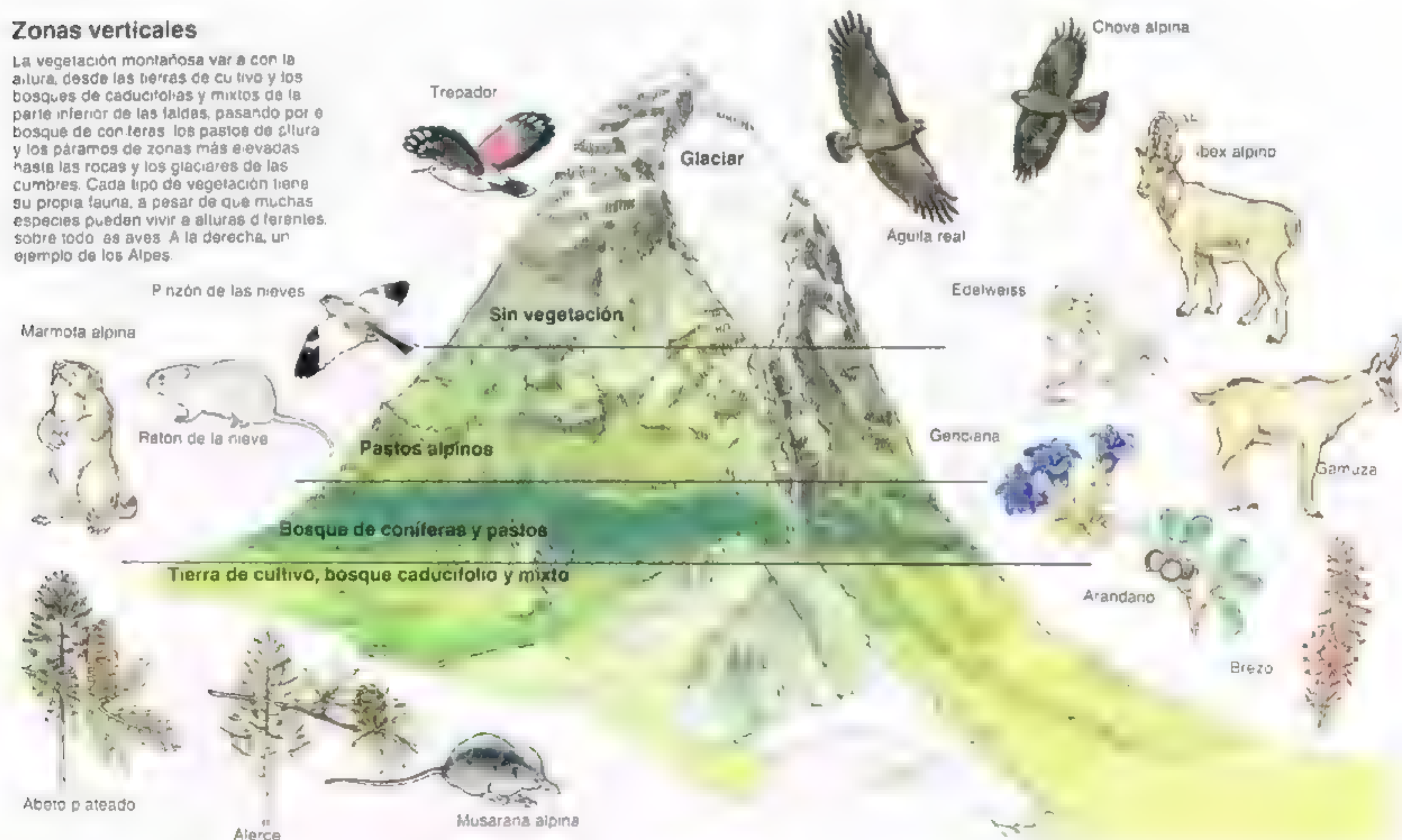
Debido a su movilidad, los animales están menos limitados que las plantas a zonas concretas. Incluso por encima del límite de bosques existen numerosas especies de animales grandes, incluyendo el reno, el águila real y, en Asia, el leopardo de las nieves.

La montaña y el hombre

En las regiones montañosas las precipitaciones son abundantes. Los arroyos bajan por las pendientes de montañas y glaciares, formando rápidos y cascadas. Más abajo, estos arroyos se unen formando ríos. En los Alpes nacen los ríos más grandes de Europa (el Rin, el Ródano, el Danubio, el Po), mientras que el Indo, el Ganges, el Mekong y el Yang Tsé (Azul) nacen todos en el Hima-

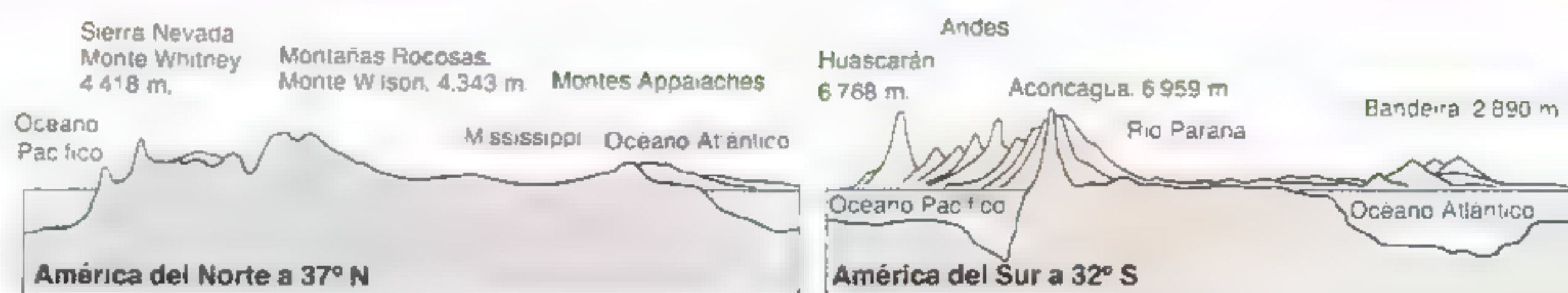
Zonas verticales

La vegetación montañosa varía con la altura, desde las tierras de cultivo y los bosques de caducifolios y mixtos de la parte inferior de las laderas, pasando por el bosque de coníferas, los pastos de altura y los páramos de zonas más elevadas hasta las rocas y los glaciares de las cumbres. Cada tipo de vegetación tiene su propia fauna, a pesar de que muchas especies pueden vivir a alturas diferentes, sobre todo las aves. A la derecha, un ejemplo de los Alpes.



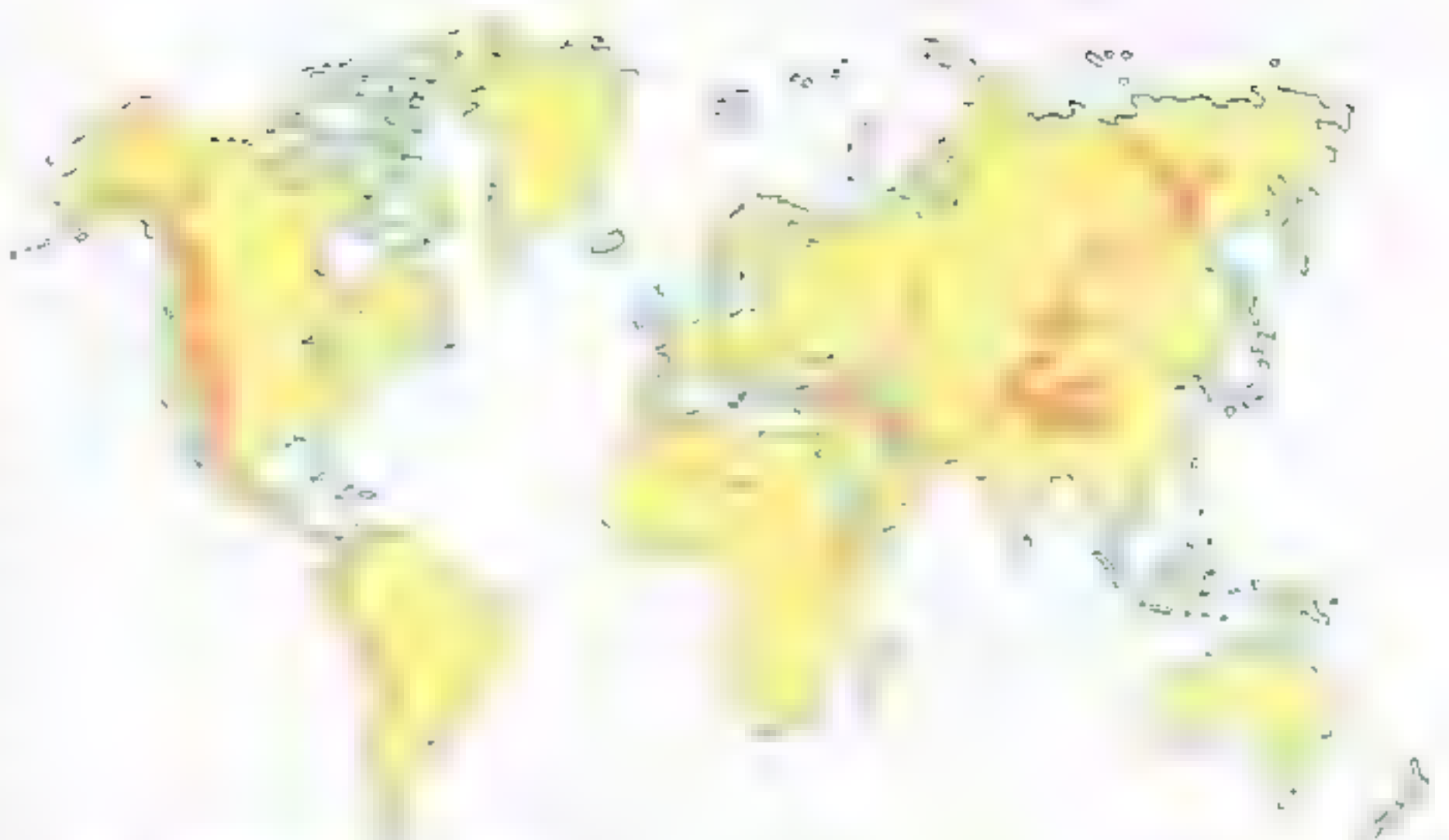
Montañas de cuatro continentes

A la derecha, perfiles de América del Norte, América del Sur y África, en dirección oeste-este, a lo largo de un paralelo, y norte-sur a través de Asia, a lo largo de un meridiano. Se hallan todos en la misma escala longitudinal, si bien la escala vertical está aumentada. A pesar de ello, la impresión de que llanuras y montañas están claramente delimitadas es correcta.



laya. En los valles el agua corre más lentamente, depositando los sedimentos, por lo que los suelos suelen ser más fértiles y estar más poblados.

En contraste, el medio montañoso es duro. Muchos de los cultivos tradicionales del hombre no crecen a grandes alturas. Las tribus y los pueblos que pudieron asentarse en las llanuras prefirieron permanecer en ellas, engendrando el tradicional antagonismo entre los «civilizados» habitantes de las llanuras y los «bárbaros» montañeses que se da en todo el mundo. En Occidente, incluso en épocas muy recientes, la gente «educada» consideraba la montaña como un horrible desierto. A partir del Renacimiento se dieron excepciones, Petrarca y Rousseau entre otros, aunque el gran cambio de actitud no se dio hasta la llegada del Romanticismo, a principios del siglo XIX. Por entonces, carreteras, ferrocarriles, puentes y túneles habían facilitado el acceso a las montañas. Hoy día las montañas de Europa y América del Norte son lugares de recreo en los que los excursionistas buscan descanso y paz, objetivos cada vez más difíciles de obtener en la locura de los modernos centros de vacaciones.



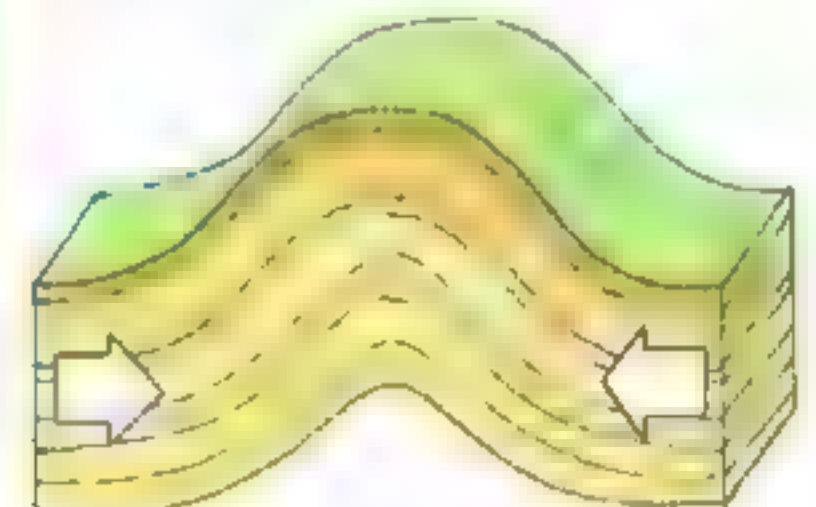
Las regiones montañosas del mundo

se encuentran donde han entrado en colisión las placas de la corteza terrestre produciendo pliegues. Los Andes, los Alpes y el Himalaya están aun en proceso de formación mediante continuos movimientos de placas. Las montañas de Escandinavia y de Escocia fueron las primeras en formarse hace unos 500 millones de años.

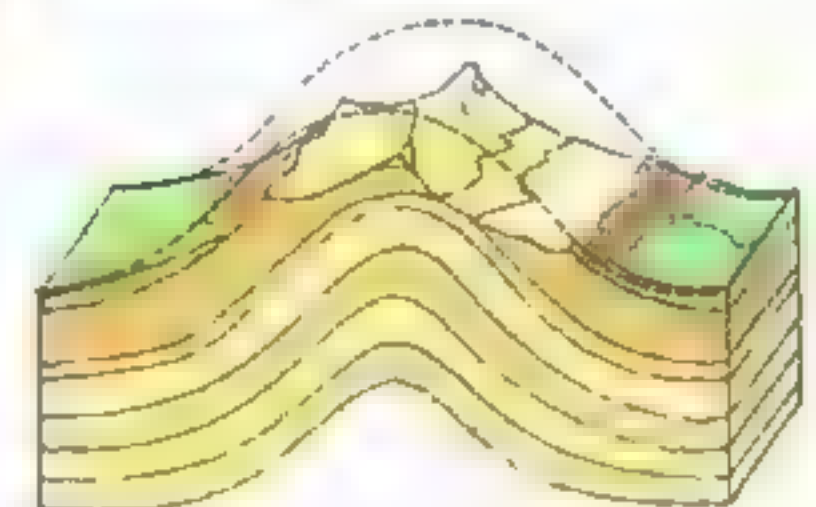
Formación de una montaña



En general, las rocas que forman la corteza terrestre están colocadas unas sobre otras en capas horizontales, ya que los sedimentos se depositaron en el agua. La capa superior está cubierta de suelos móviles con vegetación.



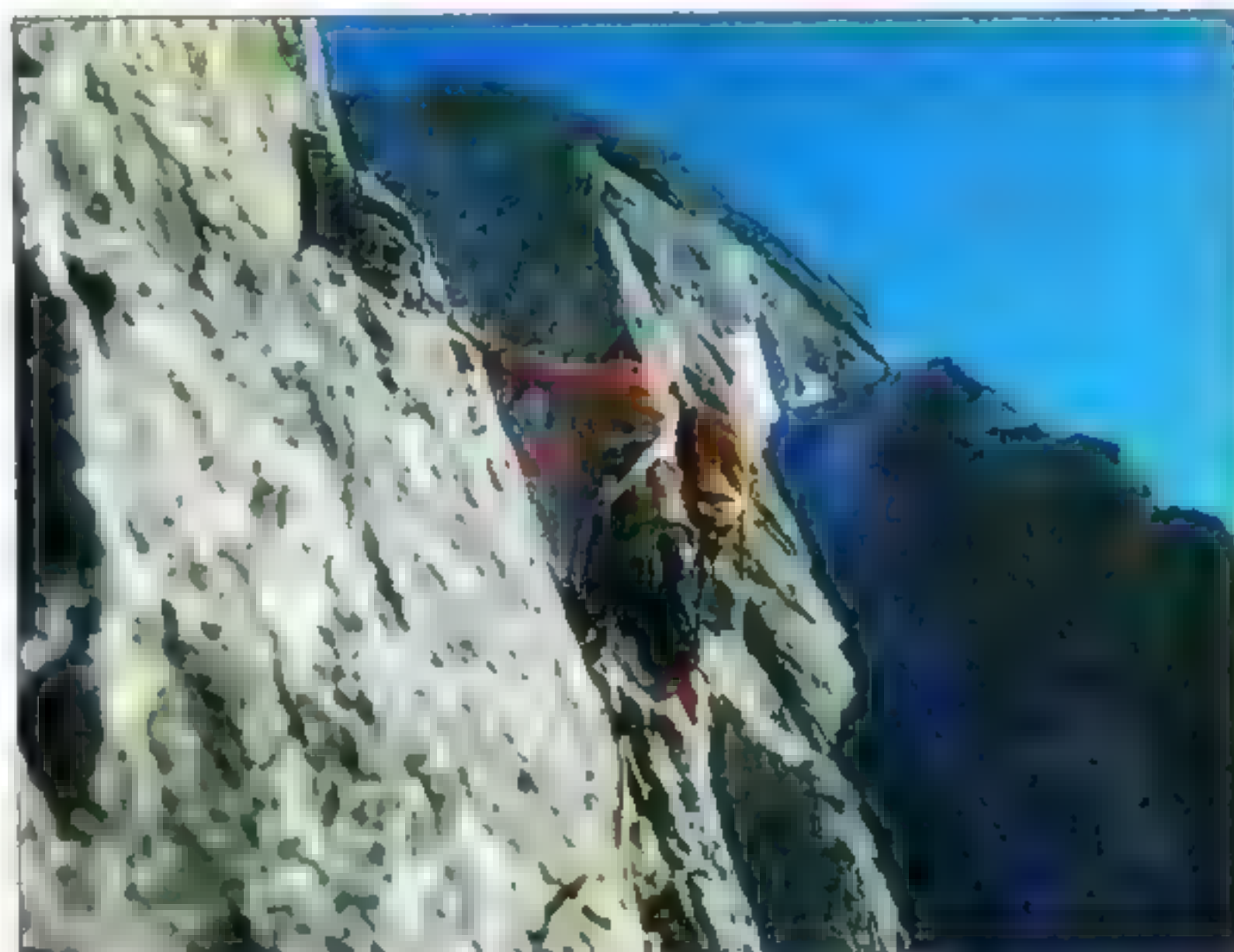
Las fuerzas de compresión de origen tectónico hacen pegarse a la corteza, formando una cadena montañosa. El agua corre a gran velocidad por las pendientes escarpadas, provocando una erosión excepcionalmente rápida.



La erosión del agua y de los glaciares esculpe el típico relieve montañoso, con sus cumbres y precipicios, aunque a mismo tiempo esta erosión hace descender la superficie del suelo por debajo de su nivel original (línea discontinua).

El alpinismo

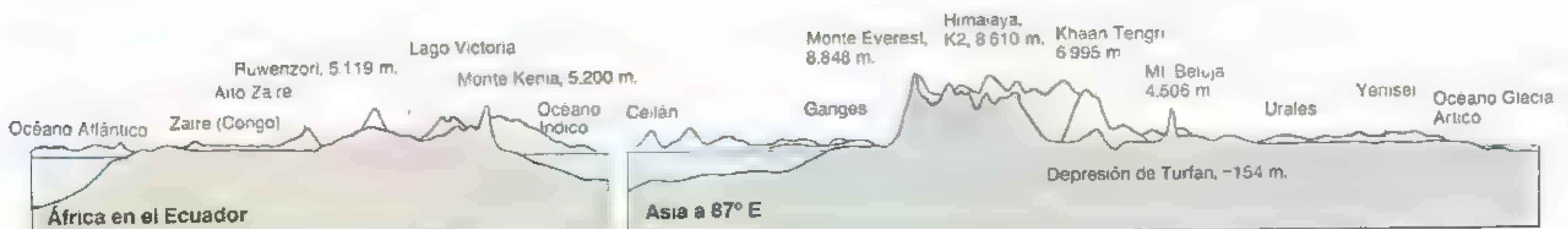
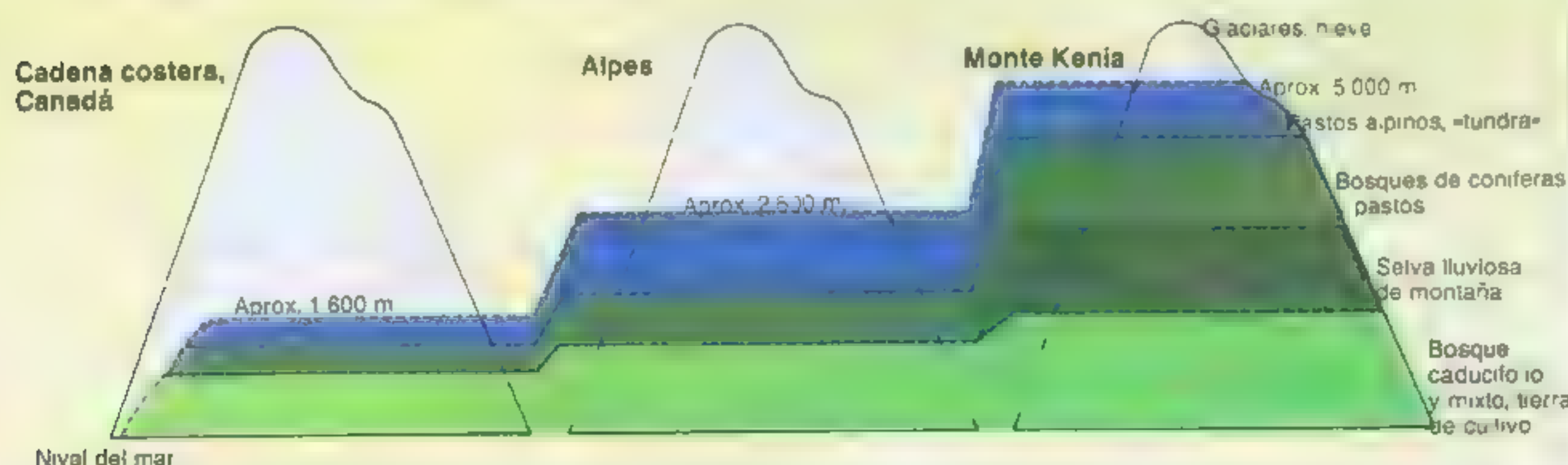
es una afición espectacular y poco apreciada por poca gente. Otras personas menos adiestradas buscan también recreo en las montañas, sin evitarlas como sucedía en el pasado.



Las diversas alturas y el clima

Las zonas de vegetación de las montañas son muy parecidas en todas partes. Las nieves del Kilimanjaro y del Monte Kenia son fragmentos del Ártico en el Ecuador por debajo de ellas. La vegetación es de páramo y del tipo tundra. Los límites de las nieves perpetuas se encuentran a mayor altura en África que en Canadá, como sucede con las otras zonas. Las montañas ecuatoriales de África tienen también un cinturón de bosques tropicales de montaña que sólo existen en los trópicos. En Canadá, el clima frío y las abundantes precipitaciones hacen que los glaciares de la costa oeste lleguen hasta las costas del Pacífico.

Montañas subárticas y tropicales



Vivir de la tierra

El ciclo de cultivos

Roza de tierras tropicales

La roza por fuego de las regiones de bosque y sabana es una de las formas más antiguas de agricultura. He aquí un ejemplo (derecha) de como se realiza en las montañas de Nueva Guinea. Tras 14-24 meses los campos se abandonan y el bosque recupera la tierra, que permanece varias décadas en reposo. Si la repoblación se desarrolla de manera interrumpida, los efectos sobre el medio son mínimos. Pero cuando el aumento de la población y la pobreza obligan a realizar métodos de deforestación más voraces, se puede producir la destrucción de todo el sistema ecológico.



Se desbroza el suelo y se queman árboles y ramas. Los minerales de las cenizas nutren el suelo. Los tocones de los árboles y los grandes troncos se dejan donde es aban, contribuyendo a impedir la erosión de las abruptas vertientes montañosas.

Se cercan los campos para mantener alejados a los animales. Se plantan taros, ñames, judías, plátanos, etc. en parcelas mixtas a fin de que las varias capas de vegetación protejan el suelo de las lluvias violentas. Al tiempo que se obtiene el mayor aprovechamiento del suelo.

Cultivo de arroz

De todos los cereales del mundo, el arroz es el más utilizado como alimento básico, siendo en su mayoría de arroza, lo que requiere un sistema de riego eficaz. Las comunidades del sudeste asiático y del sur de China están muy interesadas por las necesidades y las labores del cultivo de arroz. Según el clima local, un campo puede dar hasta tres cosechas al año, aunque la mayoría de campesinos emplean un sistema de rotación de cultivos. Un cultivo alternativo es el pescado, que puede criarse en los anegados arrozales.

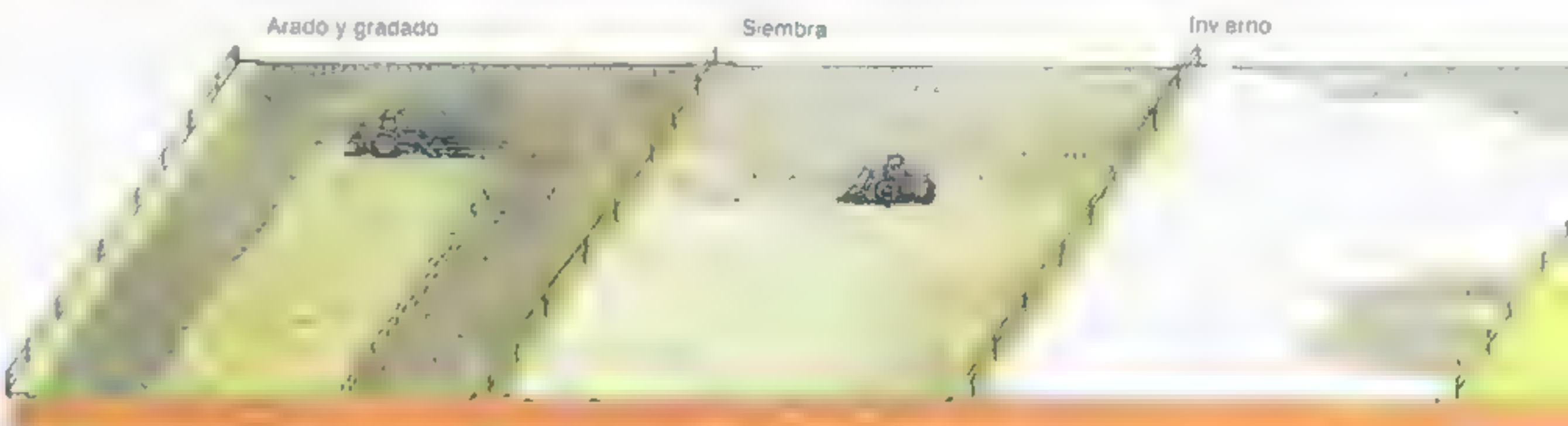


Se anega el campo. Se prepara el suelo con azadones, arados tirados por búfalos y motocultivadoras, creando una capa de barro en el fondo. Las orillas que separan los campos retienen el agua y sirven de senderos.

Las plantas de arroz, germinadas en semilleros, se plantan a mano en el barro. El cultivo de arroz requiere mucha mano de obra, aunque ésta abunda tanto y es tan barata que no sería rentable mecanizar totalmente el sistema.

El trigo de invierno

es un cultivo importante de las zonas templadas. Todos los cereales son especies herbáceas cultivadas, y la siembra del trigo en otoño imita el ciclo reproductivo normal de las hierbas: las plantas maduras echan sus semillas en otoño, permaneciendo en estado latente en invierno y germinando en primavera. Otra variedad es el trigo de primavera: las semillas se siembran en primavera y se cosechan en otoño del mismo año. En este caso, la cosecha se realiza a finales de la estación. El trigo de invierno es más apto para regiones con un período vegetativo corto.



Primero se ara y se grada el terreno. Esto retrasa el crecimiento de las malas hierbas, permitiendo adelantarse a los faños de trigo. La siembra, antiguamente realizada a mano, está ahora totalmente mecanizada.

Es beneficioso que en el invierno la tierra esté protegida contra las heladas por una capa aislante de nieve. Un invierno frío con poca nieve suele dar una cosecha pobre. En cuanto la nieve se funde y el sol calienta la tierra, las semillas empiezan a germinar.

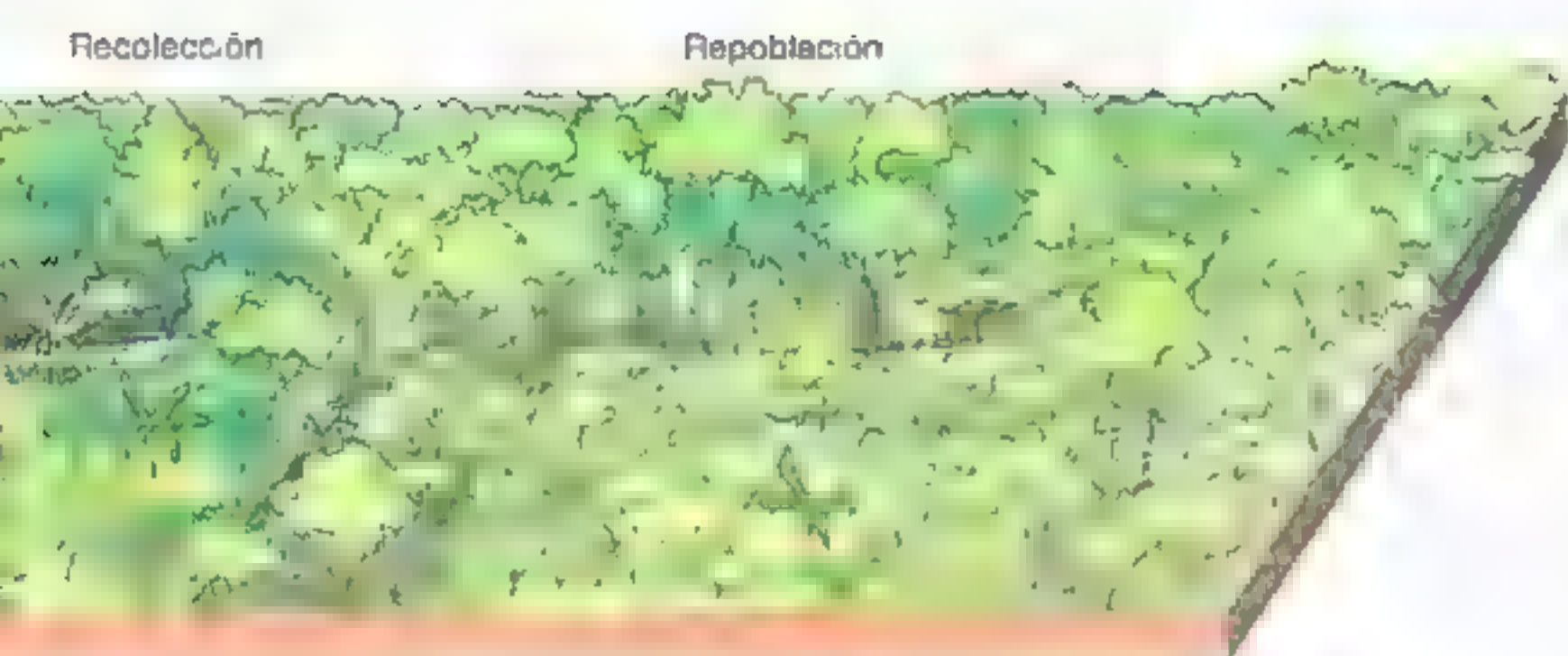
La transición a la agricultura se ha producido en muchos casos como reacción ante una crisis local de escasez de alimentos. Cazadores y recolectores tienen excelentes conocimientos de biología práctica y no es la ignorancia lo que les impide cultivar la tierra. Pero mientras pueden mantener la vida libre del cazador no se sienten inclinados a dedicarse a las arduas y monótonas faenas agrícolas. La agricultura surge en zonas en las que una población en crecimiento ha iniciado un asentamiento permanente y han empezado a escasear las fuentes tradicionales de alimentos. Esto sucedió en el Próximo Oriente hace entre 8.000 y 10.000 años. Allí, los cereales híbridos del género *Triticum* desempeñaron un papel importante en la alimentación. Cuando dejaron de recogerse las semillas de las cosechas silvestres, recolectándose en campos cultivados, la hierba se convirtió en trigo cultivado.

Los primeros prehistoriadores consideraban a la ganadería como una actividad más «primitiva» y, consecuentemente, más antigua que la agricultura. No es así. Fueron los agricultores quienes empezaron a criar ovejas y cabras, vacas y cerdos para complementar su régimen de cereales con carne y leche. La ganadería nómada constituye una adaptación ecológica a las zonas áridas en las que la agricultura es una actividad precaria.

La transición a un hábitat permanente y la agricultura constituyeron una revolución: podía aumentar la población y se podían cobrar impuestos a los campesinos para alimentar a reyes, sacerdotes, escribas y soldados. La agricultura abrió el camino de la diferenciación social y de la especialización, aunque a pesar de todo no fue en conjunto una bendición. Se cree que la dieta desequilibrada y las enfermedades contagiosas acortaron la media de vida, y muchos de los primeros asentamientos quedaron literalmente sepultados en sus propias basuras.

La mayor parte de la población mundial sigue dedicada a la agricultura. Entre el 75 y el 90 por 100 de los habitantes del Tercer Mundo trabajan la tierra, aunque lo que producen apenas llega para cubrir sus necesidades. El excedente comercializable es pequeño; el objetivo de la agricultura es la subsistencia. Por otro lado, en los países industrializados no pasan del 5 al 10 por 100 las personas dedicadas a la agricultura comercial, aunque sus «cultivos comerciales» alimentan a todo el país. ¿Cómo se ha llegado a esta diferencia?

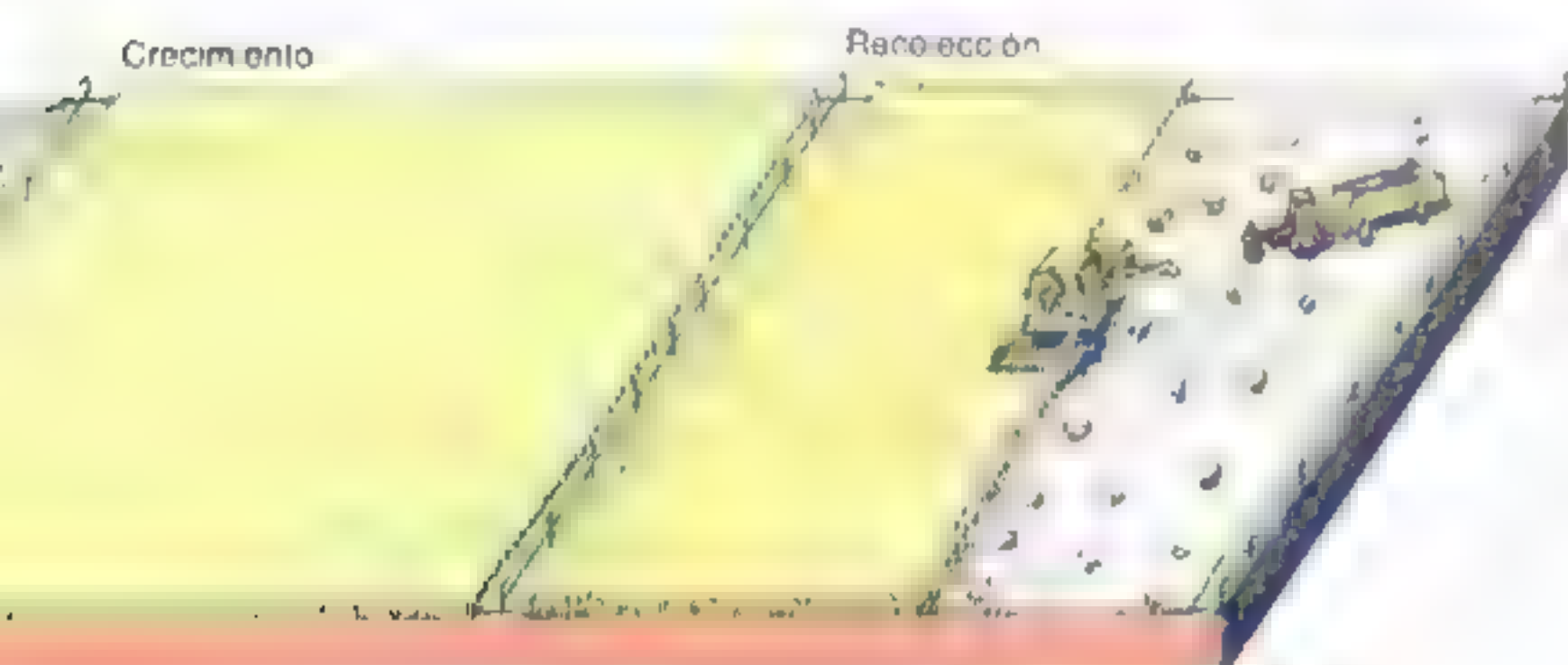
La agricultura fija la energía solar en alimentos energéticos. Esta producción de energía comestible requiere cierta aportación de trabajo. En la agricultura «primitiva» la aportación consistía



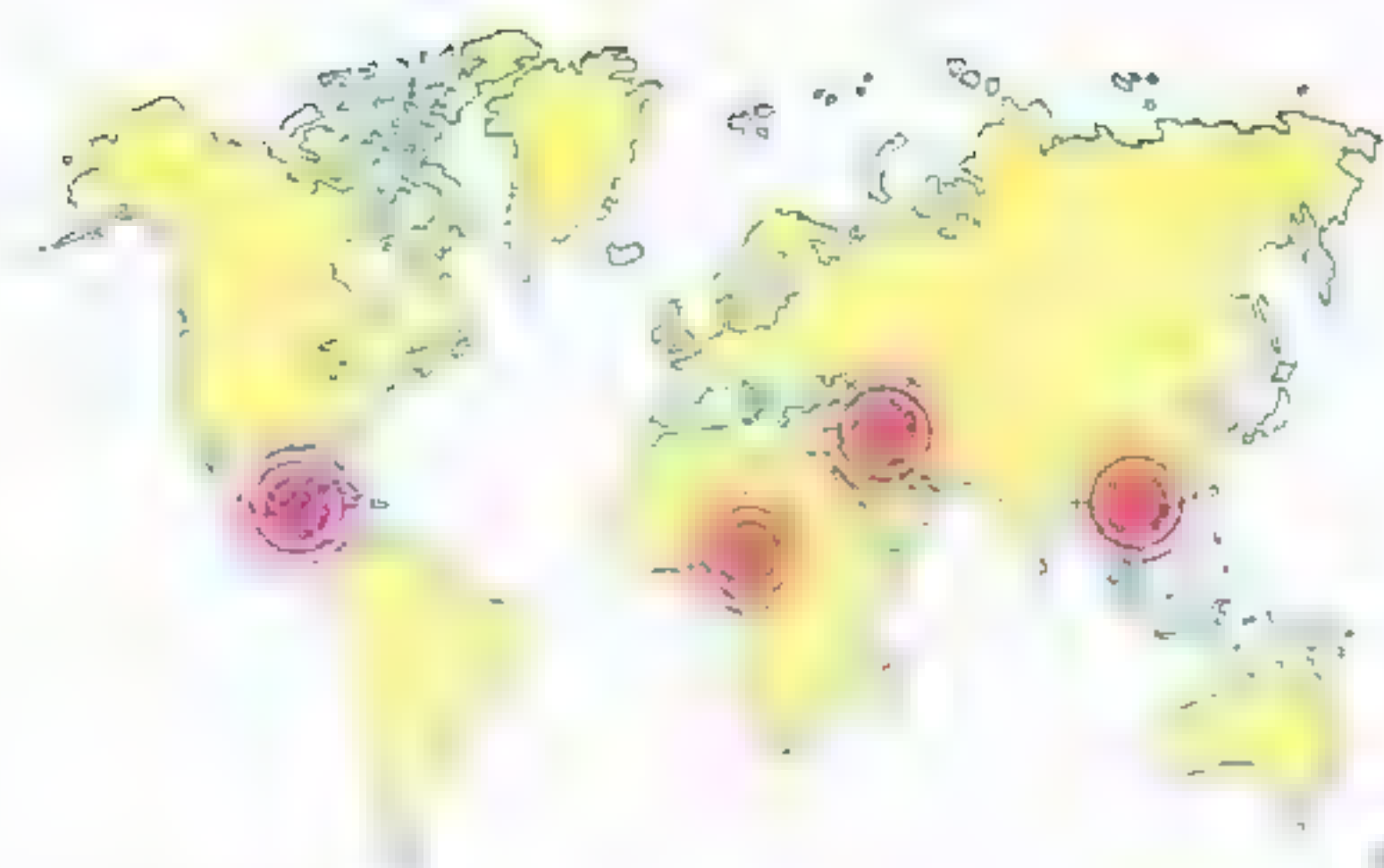
Durante el breve periodo de cultivo empiezan a crecer nuevos árboles, actividad propiciada por los agricultores, las cercas los protegen de los animales. Así, cuando se abandonan estos campos el proceso de repoblación es muy rápido.



Cuando surgen las espigas de arroz, se drena el campo, la maduración y la recolección se llevan a cabo sobre suelo seco. La hoz y el balancín siguen siendo los aperos más importantes en las zonas arroceras de Asia.

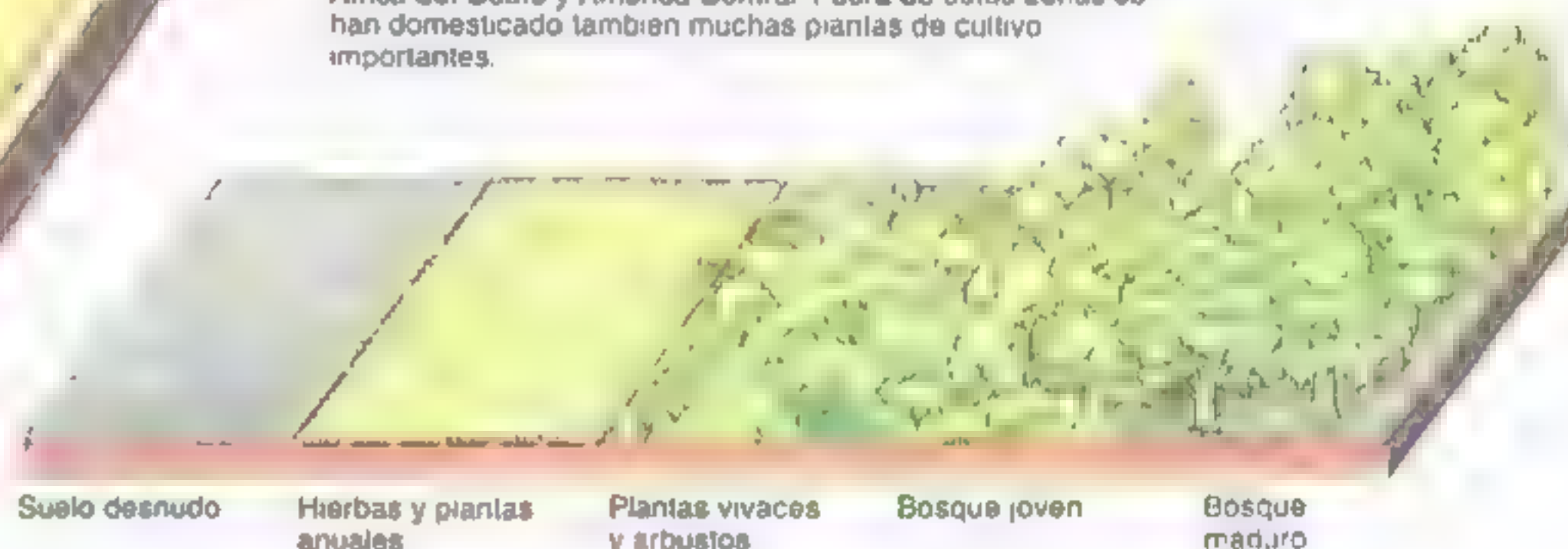


Normalmente hay que combatir las malas hierbas en la época de cultivo. La recolección es una operación delicada muy dependiente del buen tiempo, ya que el grano húmedo se deteriora rápidamente, tiene que ser un proceso rápido, por lo que está muy mecanizada.



Revoluciones agrícolas

Los primeros pasos de la caza y la recolección a la agricultura se dieron de forma independiente en al menos cuatro regiones: las mesetas de Irán, el Sudeste asiático, África del Oeste y América Central. Fuera de estas zonas se han domesticado también muchas plantas de cultivo importantes.



Sucesión natural

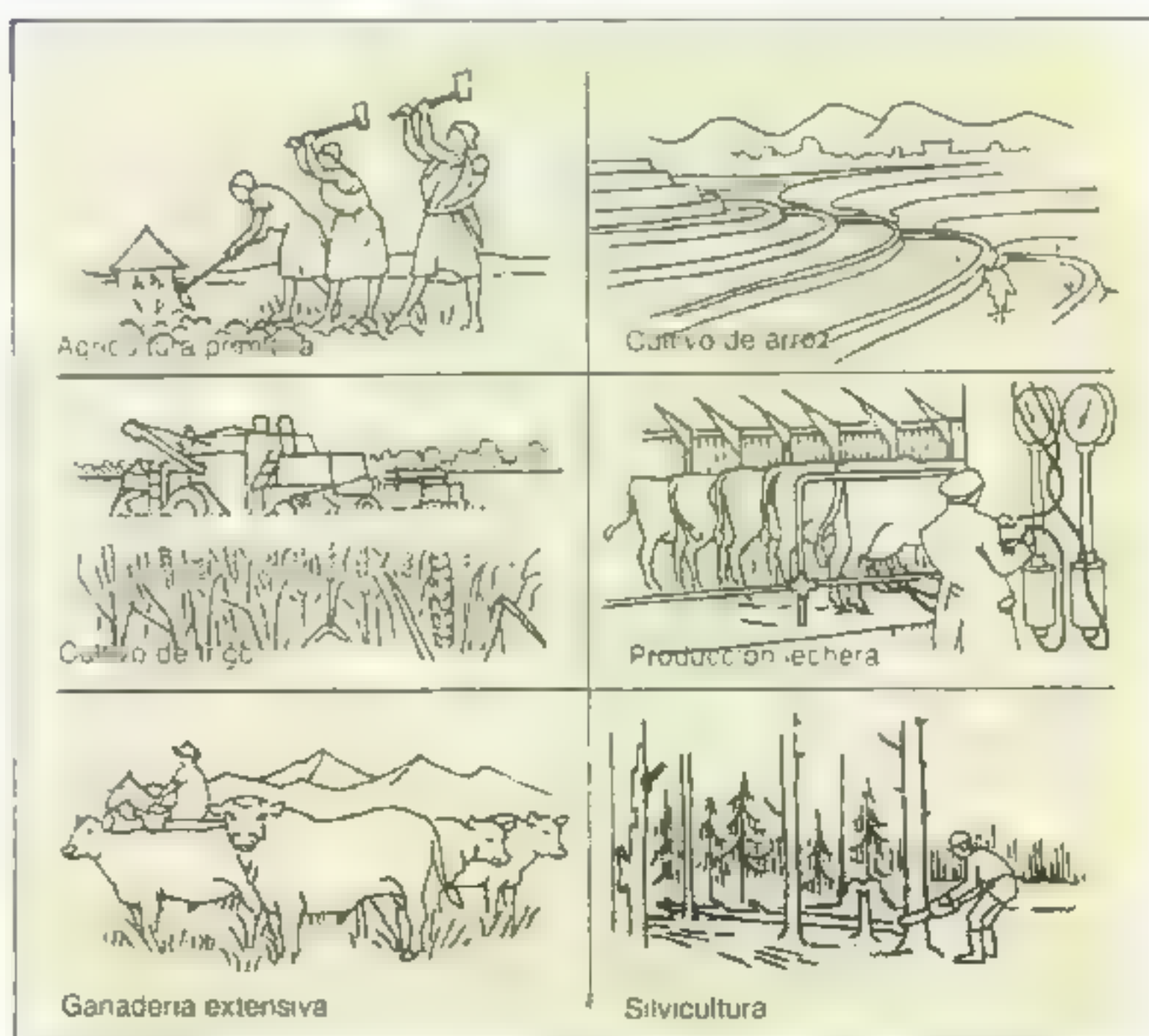
Si se desbroza una franja de tierra, y se deja libre, las primeras plantas que crecen en ella son hierbas y plantas anuales. Tras uno o dos años surgen las vivaces, a las que les siguen los árboles jóvenes. En zonas de clima favorable la vegetación terminal está formada por bosques maduros. En la primera fase de esta sucesión (rectángulo punteado), el ritmo de crecimiento de la biomasa es intenso. El agricultor mantiene la tierra en condiciones óptimas de producción erradicando las malas hierbas, alternando las cosechas y enterrando al arar el excedente de biomasa.

El aprovechamiento de la tierra fértil

En la mayor parte del Tercer Mundo se sigue practicando la agricultura de subsistencia mediante aperos simples. Los campos de arroz en terraza han creado un «paisaje arrocer» único en el este asiático. La producción de trigo y leche predomina en las zonas templadas, mientras que la ganadería extensiva tiene importancia donde las lluvias son escasas y es imposible el regadío. La silvicultura es una industria mecanizada. Los árboles crecen lentamente, con un periodo de maduración de entre 20 años en los trópicos y 150 años en los climas fríos.

principalmente en fuerza muscular, la energía de hombres y animales que, a su vez, provenía del alimento que acababan de producir. Este equilibrio energético agrícola produce un excedente que puede utilizarse para otras actividades. Los modernos métodos de cultivo son mucho más productivos, aunque esta alta productividad se obtiene mediante una masiva aportación de energía de otro origen, generada industrialmente: combustibles, fertilizantes, pesticidas, regadíos mecánicos y transporte. Esta contribución global es tan ingente que no puede obtenerse de la energía solar fijada, sino que proviene en su mayoría del carbón y del petróleo. Así, en términos estrictamente energéticos, la agricultura moderna es deficitaria. Pero el rendimiento global es impresionante, a pesar de que los sistemas intensivos tradicionales del Sudeste asiático producen probablemente el mayor rendimiento por unidad de superficie.

Así pues, la agricultura moderna es imposible sin una base industrial. Pero el alimento que consumimos en la sociedad industrial procede casi exclusivamente de la agricultura, por lo que puede decirse que vivimos en una sociedad agrícola. Si nuestro sistema agrícola se viniera abajo, la avanzada tecnología industrial no nos salvaría del hambre.



La urbanización

La urbanización del paisaje

Los emplazamientos donde se alzan nuestras ciudades fueron anteriormente tierra virgen que el hombre fue conquistando gradualmente. Las poblaciones han ido creciendo paulatinamente a lo largo de los siglos. Este proceso gradual y continuo no conduce necesariamente a la urbanización, pero la ciudad se forma en cierta fase de ese progreso. Se suele diferenciar claramente del campo circundante desarrollándose cierto intercambio e interacción entre los dos medios.

Paisaje natural

La mayor parte de la Europa septentrional fue anteriormente bosque natural con algunos sencillos refugios temporales de cazadores o obradores dedicados a la agricultura primitiva. Los únicos medios de transporte eran a pie y a caballo. La gente vivía en tribus o clanes.

Los pioneros

Debido a la escasez de tierra en las zonas agrícolas, la gente desbroza nuevas tierras en los bosques. El aumento de la población difunde la agricultura nómada y requiere una vida más asentada. Esto a su vez exige mejores métodos de cultivo y una organización social más estable.

Paisaje agrícola

Los campos se unen y forman regiones agrícolas y las granjas se convierten en aldeas. Solo se permiten los bosques en tierras difíciles de trabajar. Las tierras marginales se emplean para el pastoreo, estas y los bosques son tierras comunales propiedad de toda la aldea.

La ciudad medieval

Las aldeas situadas en un cruce de caminos de dos rutas comerciales o donde se establecía una autoridad temporal o eclesiástica empiezan a dedicarse al comercio. Los habitantes protegen sus propiedades y privilegios construyendo un muro aunque durante mucho tiempo sigue habiendo huertos y establos dentro de los muros. Las ciudades no empiezan a adquirir un carácter verdaderamente urbano hasta que no se produce un aumento de la prosperidad y de la población.



Un conjunto de edificios o una agrupación de población en un punto no constituyen necesariamente una ciudad. Hay regiones agrícolas en Java, por ejemplo, donde la densidad de población es mayor que en muchas ciudades europeas, sin ser zonas urbanas. La definición de ciudad o población es principalmente funcional: los habitantes se especializan en campos distintos de la producción de alimentos y de materias primas. Se dedican a la industria, al comercio, a los servicios, a la administración, a la investigación y al desarrollo.

La relación ciudad-campo no ha sido siempre fácil. En la mayoría de las primeras civilizaciones, la población rural se hubiera desenvuelto igual o mejor sin ciudades. Hasta la aparición de la ciudad industrial, la comunidad urbana no pudo ofrecer a la rural algo valioso a cambio de sus alimentos y materias primas: productos industriales (maquinaria, productos químicos) para aumentar la producción agrícola.

Las primeras ciudades

Las aldeas donde residían los poderosos y donde concentraban los productos excedentarios de sus súbditos se convirtieron en las primeras ciudades. Aquí moraban no sólo los gobernantes, sino los sacerdotes que sostenían el poder de los gobernantes, los soldados que exterminaban a sus enemigos, los administradores, los artesanos y los criados, y los comerciantes que dirigían el intercambio de productos entre las diferentes ciudades. Este modelo existía hace unos 5.000 años en las ciudades estado del Próximo Oriente (Sumeria, Egipto) y en todo Asia.

Las ciudades más antiguas crecieron de manera espontánea y con poca planificación. En Ur y en Troya las sucesivas capas de desechos se iban acumulando gradualmente, y bajo los cimientos del moderno Londres se encuentran las ruinas del Londinium romano. La defensa y el tráfico de vehículos imponían a veces cierto grado de planificación, aunque era básicamente la facción gobernante la que determinaba el desarrollo según sus necesidades particulares. Las amplias avenidas y palacios contrastaban fuertemente con las chozas de los pobres.

Algunas ciudades de Asia Occidental tienen una historia que se remonta a las civilizaciones más antiguas. Jericó es probablemente la ciudad habitada más antigua del mundo (desde aproxi-

madamente el año 8000 a. de C.), y se cree que Damasco sería la segunda más antigua.

El urbanismo

En Occidente los romanos fueron los primeros que realizaron un urbanismo a gran escala. La mayoría de las ciudades medievales europeas se desarrollaron de manera espontánea, aunque las ciudades de nueva creación se planificaban ya con una red regular de calles. El urbanismo del Renacimiento y del Barroco tenía intenciones estéticas y simbólicas, en honor de Dios o de un príncipe terrenal. Los logros de este urbanismo pueden estudiarse en la Roma papal y en el París de los monarcas absolutos. No se tenían en cuenta las necesidades prácticas, sociales e higiénicas. En el siglo XVIII el viajero podía reconocer el hedor de Hamburgo mucho antes de avistar la ciudad. El crecimiento de la población urbana provocado por la industrialización estuvo acompañado de unas condiciones sanitarias pésimas y de miseria social. A mediados del siglo XIX una serie de epidemias de cólera obligó a las autoridades a instalar alcantarillado y traída de aguas y a introducir unas ordenanzas básicas de construcción, al menos en las ciudades de Europa Occidental. Esta legislación representó el nacimiento de las comunidades urbanas de nuestros días, altamente reguladas.

La megalópolis, ¿y después?

Las ciudades del mundo industrial han crecido en exceso, aunque una de las características de nuestro siglo es la tendencia de estas grandes ciudades a unirse en conurbaciones. Entre los ejemplos más representativos están la región de Boston-Washington («Boswash») en Estados Unidos, Randstand en Holanda y el distrito Rhin-Ruhr en Alemania. En el Tercer Mundo son los centros de las ciudades los que están creciendo o, más bien, están siendo asfixiados por la expansión explosiva de los suburbios de la periferia.

Los últimos censos de Estados Unidos indican que el crecimiento urbano se ha estabilizado. ¿Va a cambiar la antiquísima tendencia a la urbanización? Ya ha sucedido con anterioridad en la historia que las grandes ciudades se han convertido en aldeas o han desaparecido, como atestiguan Babilonia, Cartago o Troya.

La ciudad industrial

Las ciudades se desarrollan según un plan más regular, con calles pavimentadas, canalización de las aguas y sistemas de alcantarillado. Las fábricas se sitúan en los extrarradios y sus chimeneas compiten con las torres y las aguas de las iglesias, formando su silueta. Se crea una estructura con las actividades administrativas y comerciales en el centro y la industria y las viviendas de los obreros en las afueras.

Paisaje urbano

La ciudad anteriormente compacta y entramada se ha convertido en un extenso paisaje urbano. El aumento de los precios del suelo entraña la construcción de edificios cada vez más altos, al tiempo que autopistas y complejos sistemas de tráfico cubren zonas cada vez mayores. Las ciudades del Tercer Mundo (derecha Ciudad de México) tienen un aspecto superficial moderno, aunque sus funciones productivas están relativamente poco desarrolladas y una gran parte de sus habitantes carecen de un empleo regular. La movilidad social en estas ciudades y las oportunidades de empleos temporales atraen a un flujo constante de gente de las zonas rurales, donde las condiciones son aún peores.



Intercambio de servicios

La ciudad depende de un intercambio continuo con todo el mundo que la rodea. La ciudad recibe del exterior materias primas, energía y alimentos, y a su vez ofrece productos acabados y servicios especializados.



La gran ciudad no solo crece hacia arriba y hacia fuera, sino también hacia abajo. Bajo ella hay un mundo subterráneo de desagües, alcantarillas, túneles de tráfico, depósitos, etc.

Ciudades de insectos

Con sus túneles y cámaras el hormiguero y la termitera (en un corte vertical en la ilustración) no se diferencian de las ciudades construidas por el hombre. Pero las comunidades de insectos no constituyen sistemas políticos, son organizaciones jerárquicas con fines reproductores, en las que todos sus miembros están relacionados genéticamente.



Las ciudades en expansión

Las ciudades más grandes

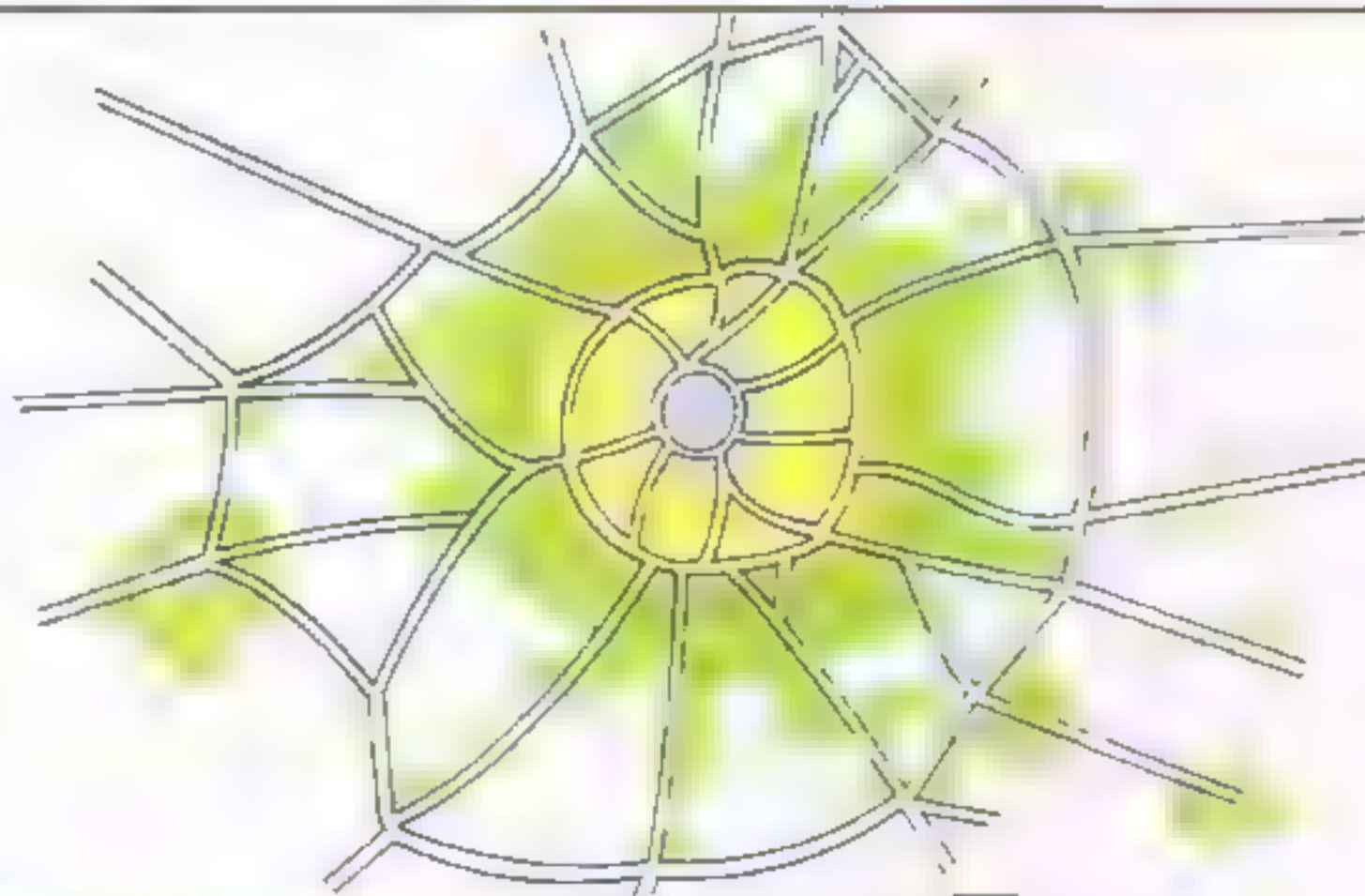
Los centros comerciales e industriales de Europa y América del Norte fueron hasta hace poco las mayores ciudades del mundo. Actualmente, las ciudades en desarrollo del Tercer Mundo tienen mayor población. La falta de consistencia entre los límites administrativos y demográficos y la poca fiabilidad de las estadísticas hacen que sea difícil establecer comparaciones. La siguiente lista de las diez ciudades más grandes del mundo debe considerarse únicamente como aproximativa.

Ciudad de México	14 millones de hab.
Tokyo	11,6 millones de hab.
Shanghai	10,8 millones de hab.
Buenos Aires	10,3 millones de hab.
Nueva York	9,2 millones de hab.
Pekín	8,5 millones de hab.
París	8,4 millones de hab.
Moscu	8 millones de hab.
Seúl	7,8 millones de hab.
São Paulo	7,2 millones de hab.

Como crece una ciudad

El crecimiento de una ciudad crea una red de zonas diferenciadas. El núcleo histórico, dedicado a actividades administrativas y comerciales, está rodeado de una zona de construcciones antiguas de gran densidad. A continuación hay un cinturón industrial, seguido de zonas residenciales más recientes. La presión sobre el centro se ve aliviada por ciudades satélites, que son pequeñas reproducciones de la ciudad, con sus propios centros y zonas industriales. El sistema de rutas radiales de transporte demuestra que su independencia es ilusoria. Este plano se basa en París; otras ciudades, sobre todo fuera de Europa, pueden tener una estructura diferente por razones históricas.

Ciudad satélite



Los tesoros del subsuelo

Una mena es un mineral que contiene una concentración de metal que hace rentable su extracción. La definición de mena es, pues, básicamente económica. Debido a las grandes variaciones en los precios de las materias primas, puede que un mineral cuya extracción no sea rentable hoy lo sea mañana, y viceversa. Pero no sólo tienen importancia económica las menas metálicas; también se explotan numerosos minerales industriales, de la cuarzita y la dolomita para los hornos de las acerías, a la arena y la arcilla para las industrias del cemento y de la construcción.

Menas metálicas

Los metales son componentes escasos en la corteza terrestre. Las menas explotables aparecen cuando un magma rico en metales se eleva de estratos más profundos del interior de la Tierra, o cuando los compuestos metálicos del suelo o del fondo de los mares se concentran por procesos naturales.

El proceso de formación de las menas en la corteza continental se conoce desde hace tiempo, aunque durante mucho tiempo no se supo cómo se formaban bajo el mar. A finales de los años 1970 se realizaron notables descubrimientos cuando los submarinos de investigación descendieron a las dorsales centro-oceánicas de la cuenca del Pacífico. Los científicos observaron cómo las fuentes termales arrojaban un agua metalífera negra, que formaba conos de minerales metálicos. La teoría de la tectónica de placas explicaba así la formación de otras menas, mostrando cómo, por qué y dónde se eleva el magma a través de la corteza. Esto tiene lugar principalmente en zonas adyacentes a aquellas en las que la placa de corteza oceánica es empujada hacia abajo por una placa vecina, hasta fundirse con el manto.

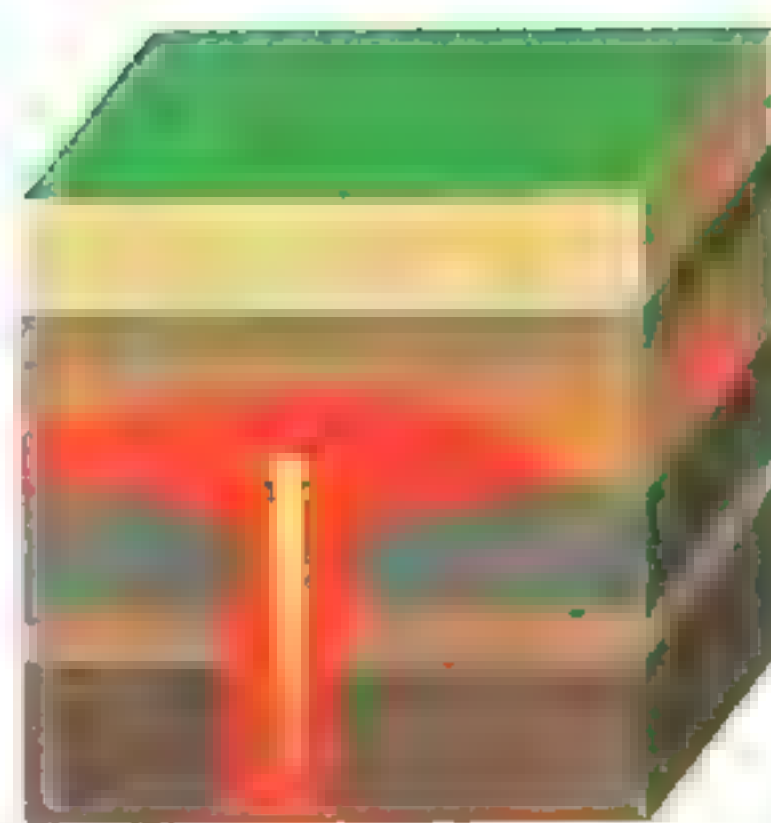
La minería a través de los tiempos

La minería es tan antigua como el uso de los metales por el hombre. Se han encontrado numerosas minas de sílex del final de la Edad de Piedra en el noroeste y centro de Europa. La extracción de los metales de las menas requería ciertos conocimientos de metalurgia y la capacidad de generar y regular el calor. La minería no cambió de forma apreciable hasta el final de la Edad Media. Por entonces, las minas del centro de Europa eran tan profundas que se necesitaban bombas y maquinaria de acarreo movidas por energía hidráulica. Durante el siglo XIX, la minería se me-

Cómo se forman las menas

La mayoría de los metales empleados por el hombre son elementos pesados, aunque no se suelen encontrar en la corteza terrestre cuyos principales componentes son silice y aluminio. Los metales más pesados, principalmente hierro, se hundieron en el interior de la Tierra cuando el joven planeta empezó a recalentarse desde dentro, desarrollando su actual estructura de núcleo, manto y litosfera, cada uno con diferente composición química. Las menas se forman cuando ascienden por encima del manto terrestre magmas o soluciones metalíferas. Aun se sabe muy poco sobre los procesos que tienen lugar en el manto, aunque sí se sabe que pasa cuando los minerales fundidos llegan a la corteza. A la derecha se analizan los procesos más importantes.

Posteriormente, las menas de origen magmático pueden sufrir meteorización, ser arrastradas en forma de granos o pepitas, depositándose mediante sedimentación lejos del lugar de origen. Finalmente, ciertas menas pueden haberse formado por precipitación de soluciones metalíferas en terrenos pantanosos con alto contenido de sulfuro de hidrógeno.



Intrusión

El magma metalífero se eleva de debajo del manto terrestre, formando un yacimiento claramente definido en la corteza terrestre, o en la superficie como lava.

canizó, con innovaciones tales como ascensores y ventiladores movidos por vapor. La mina más profunda del mundo actualmente es una mina de oro de Suráfrica, con una profundidad de 3.859 metros.

Muchas menas se extraen de minas a cielo abierto, otras del subsuelo. Actualmente, la mena se concentra en el lugar de la mina y después es refinada y el mineral concentrado en polvo o en pequeños bloques. Las menas no ferrosas, especialmente las menas de azufre contienen diversos metales que hay que separar por procesos químicos y físicos.

La metalurgia

Hasta el siglo XVIII casi todos los procesos metalúrgicos empleaban carbón vegetal, que actuaba como fuente de calor y como agente reductor de los óxidos de la mena. Posteriormente, la industria siderúrgica empleó procesos de coque. La moderna side-

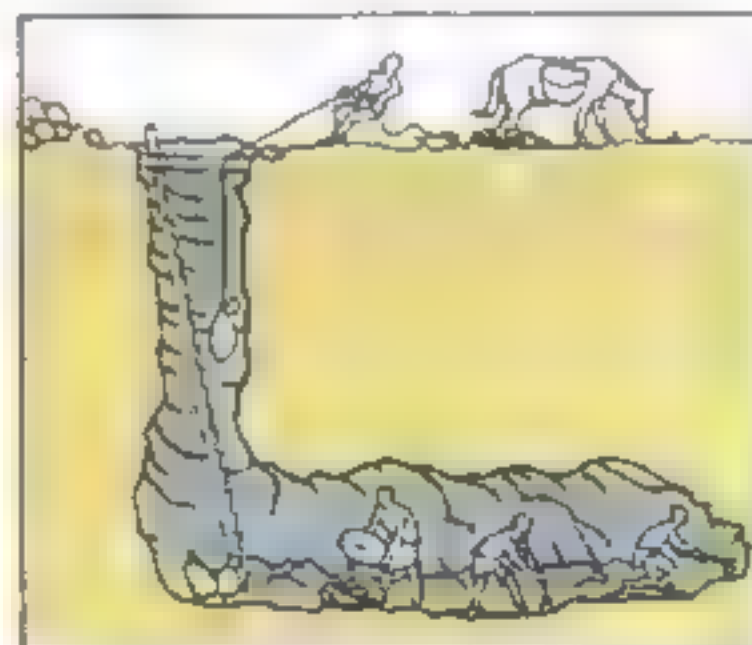
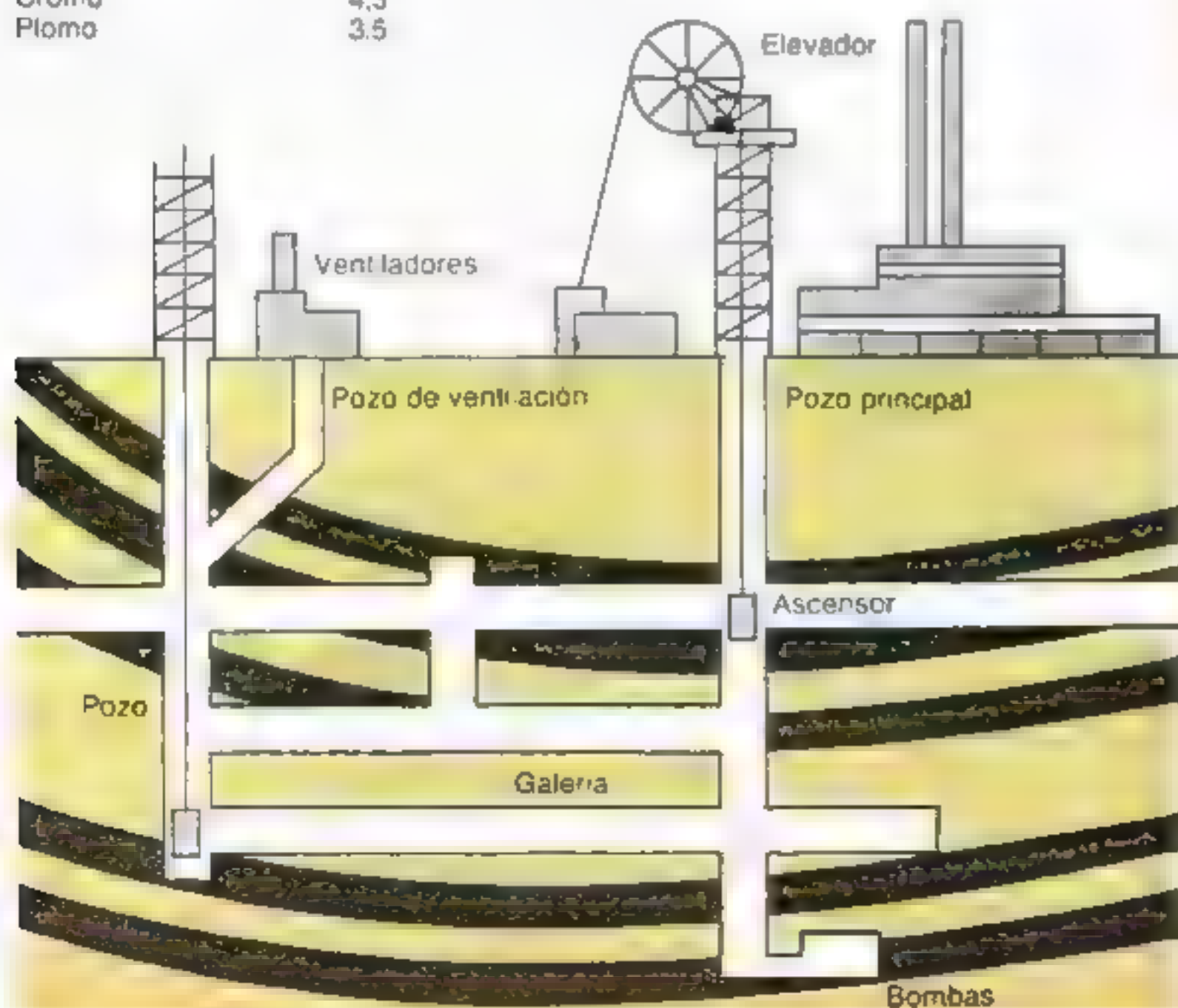
Los metales del mundo

Metales más importantes y su producción anual (en millones de toneladas) a comienzos de la década de 1980

Hierro	530,2
Aluminio	83,9
Manganeso	9,4
Cobre	7,9
Cinc	5,7
Cromo	4,3
Plomo	3,5

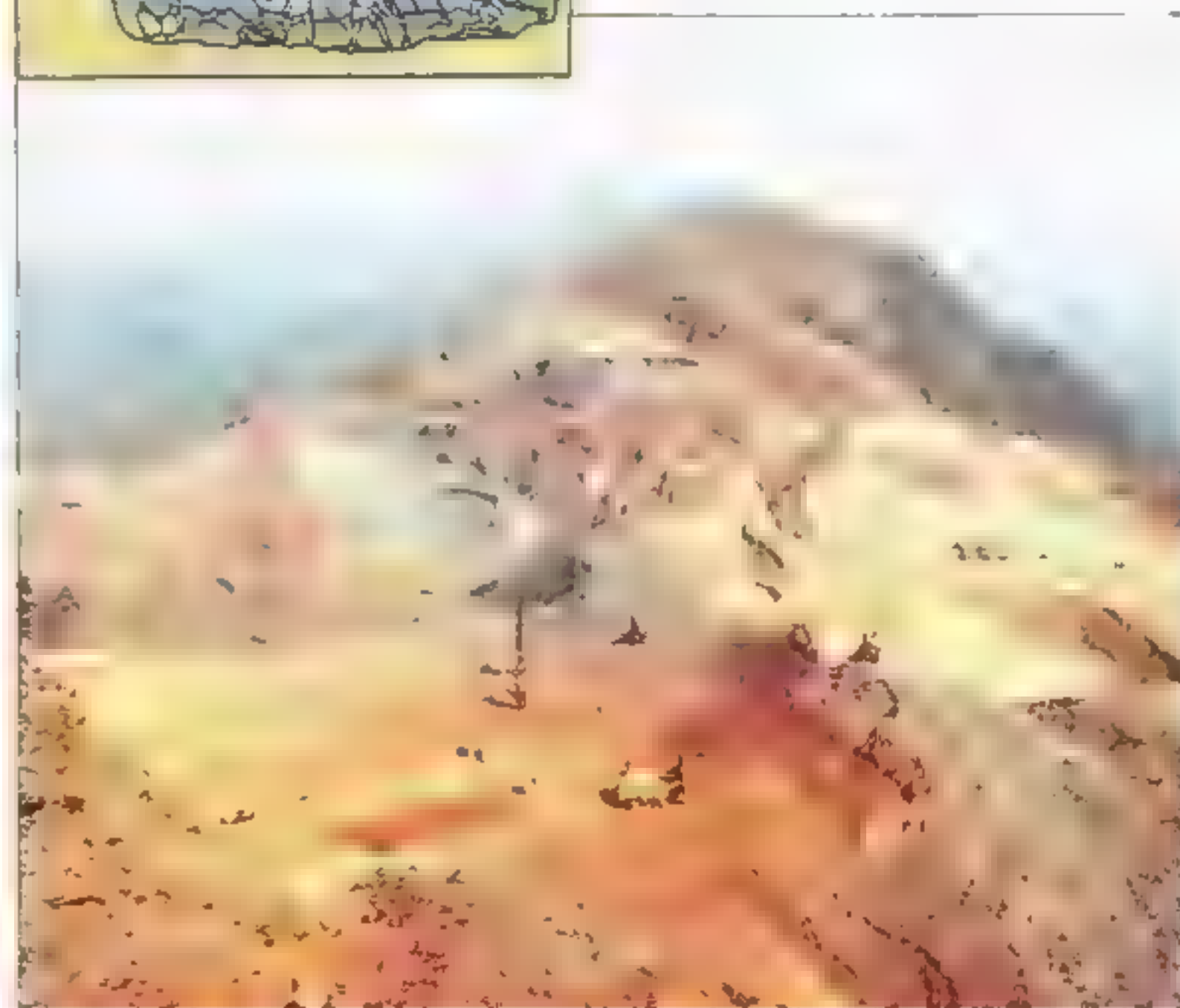
Minería subterránea

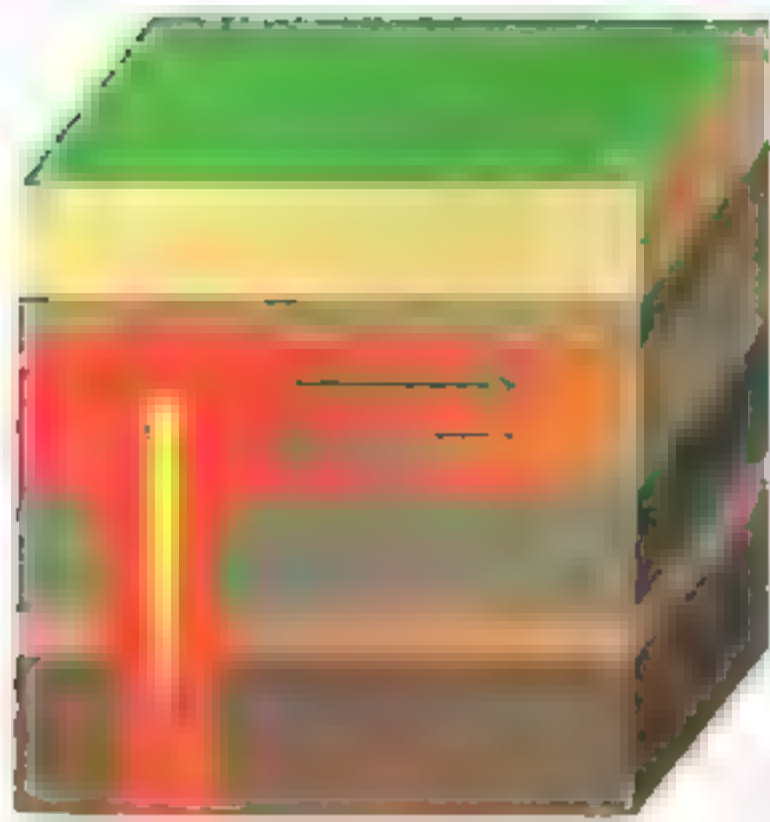
Pozos de entrada, de ventilación y de bombeo se perforan hasta el yacimiento que se explota en galerías, grandes cámaras situadas a niveles cada vez más profundos. La mena se transporta en pequeños ferrocarriles o en camiones. Cada nivel dispone de sistemas completos de túneles de transporte, talleres, almacenes, etc.



La minería, ayer y hoy

Las minas de sílex de la Edad de Piedra, las de cobre de la Edad de Bronce y las de hierro de la Edad Media eran muy parecidas (izquierda). La mina moderna es una industria mecanizada a gran escala. Abajo: minería de hierro a cielo abierto en Liberia. Muchas zonas mineras importantes están ubicadas lejos de los centros industriales tradicionales.





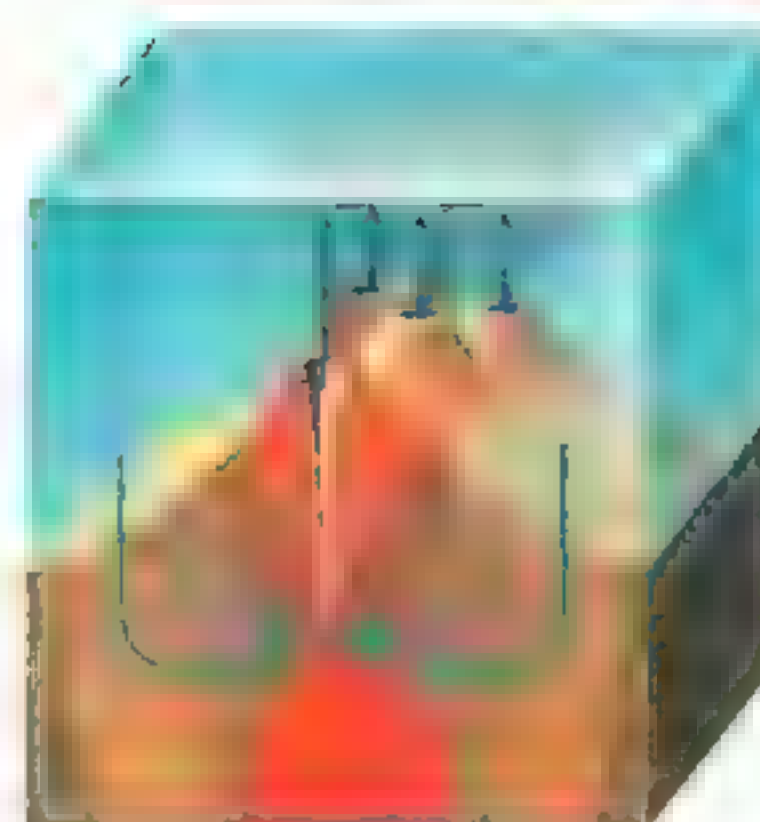
Metamorfosis de contacto

El magma caliente y transforma la roca con la que entra en contacto. Se produce un intercambio de átomos, de manera que los átomos de metal del magma pasan a la roca transformada (metamórfica).



Minerales transportados por el agua

El agua de superficie al infiltrarse por una intrusión de magma, puede disolver ciertos complejos iónicos, que se precipitan posteriormente en las rocas adyacentes.



Manantiales minerales bajo el mar

El agua de mar puede penetrar por las dorsales centro oceánicas hasta tropezar con el magma ascendente. Cuando ese agua, ahora caliente y cargada de minerales, se enfría repentinamente al contacto con el agua de mar, se precipitan en el fondo minerales de cobre, níquel y manganeso.



Sedimentación

Los productos de descomposición de un yacimiento que ha llegado a la superficie pueden producir sedimentos metales. Un ejemplo de este proceso son las arenas y pepitas de oro de los lechos de valles y deltas fluviales.

La metalurgia emplea principalmente la electricidad como fuente de calor y oxígeno como agente reductor del contenido de carbón. Los procesos de separación electroquímicos son cada vez más frecuentes porque conservan más la energía, y no hace falta calentar el metal varias veces como antes.

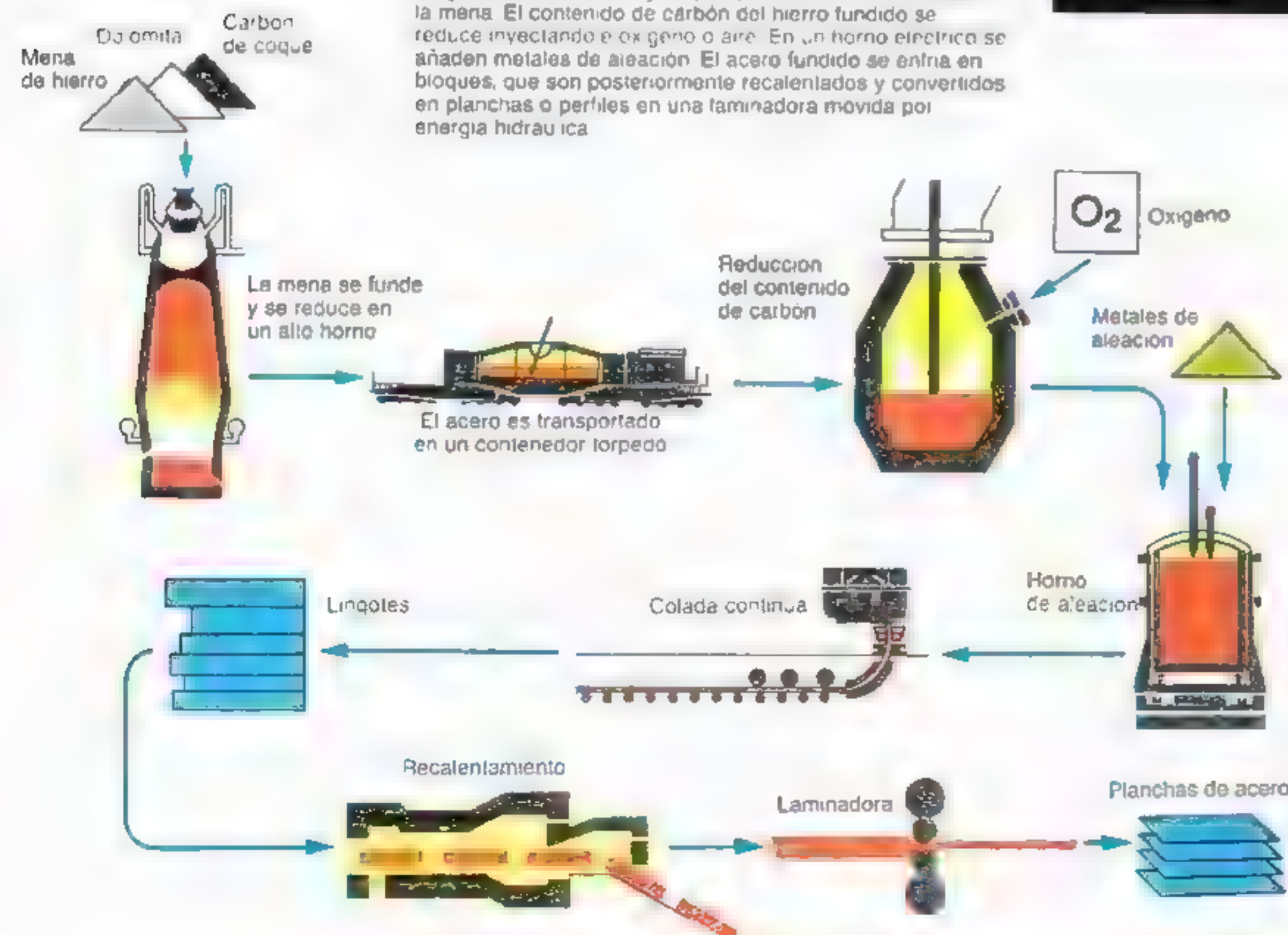
La metalurgia ha desarrollado nuevos productos como los aceros especiales y diversos metales ligeros. Además, los metales tienen ahora la competencia de los nuevos materiales sintéticos. A pesar de ello y a pesar de la inmensa capacidad de reciclaje de la industria chatarrera, nuestra civilización sigue dependiendo de la producción de mena. Un coche de tamaño medio tiene 800 kg de acero y 130 kg de metales no ferrosos. Sin embargo, los tesoros del subsuelo no son inagotables y si el nivel de propiedad de automóviles del mundo fuera tan elevado como el de Europa Occidental o Estados Unidos, la industria automovilística agotaría por sí sola todas las reservas conocidas de mena de hierro.



El sangrado masivo de acero fundido a recipientes de transporte o moldes, constituye una fase crítica del proceso de fabricación.

Desde los altos hornos a los depósitos de chatarra

En una acería moderna muchas de las fases de fabricación están integradas en un proceso semicontinuo. El horno se carga con mena, caliza y coque que reducen los óxidos de la mena. El contenido de carbón del hierro fundido se reduce inyectando oxígeno o aire. En un horno eléctrico se añaden metales de aleación. El acero fundido se enfría en bloques, que son posteriormente recalentados y convertidos en planchas o perfiles en una laminadora movida por energía hidráulica.



El depósito de chatarra es la etapa final de un coche, aunque no del acero que contiene. La chatarra constituye una de las materias primas más importantes del mundo industrial y forma la base de un activo comercio internacional.



La Tierra esquilmada



Perdidos para siempre

Ninguna especie vive eternamente. Pero gran número de especies vegetales y animales han sido exterminadas prematuramente con la ayuda del hombre.

La migración del hombre a América a través del Estrecho de Bering (flecha en el mapa izquierda) tuvo probablemente consecuencias desastrosas para la fauna de ese continente.

El hombre, sospechoso

Al final de la Era Glacial había un gran número de especies animales en las praderas norteamericanas, incluyendo a gigantesco milodonte (izquierda). Esta «megafauna» se extinguió bruscamente cuando llegó el hombre. Muchos científicos sospechan que el hombre los exterminó. Las criaturas de movimientos y reflejos lentos, como el milodonte, no tenían ninguna posibilidad de supervivencia contra el superpredador el hombre.

El hombre, culpable

El dodo era un ave no voladora del tamaño de un pavo que vivía en la isla Mauricio en el Océano Índico. Cuando llegaron los marinos europeos empezaron a matar los dodos como comida, y los que lograban escapar caían víctimas de los perros y de los cerdos salvajes. El último espécimen murió sobre el año 1680 y lo único que queda del dodo hoy día es una cabeza y una pata en Copenhague y un pie en Londres.



Medios amenazados

La deforestación

La mayor amenaza para la flora y la fauna de mundo es la destrucción de los medios. Ninguna especie puede sobrevivir fuera del medio al que se ha adaptado. Uno de los hábitats con más especies del mundo es el bosque tropical, que se está destruyendo a un ritmo cada vez mayor. En realidad, todos los bosques naturales del mundo están amenazados. En el mejor de los casos, se sustituyen por monocultivos forestales comerciales, en el peor por un terreno pobre de material destruido por la erosión.



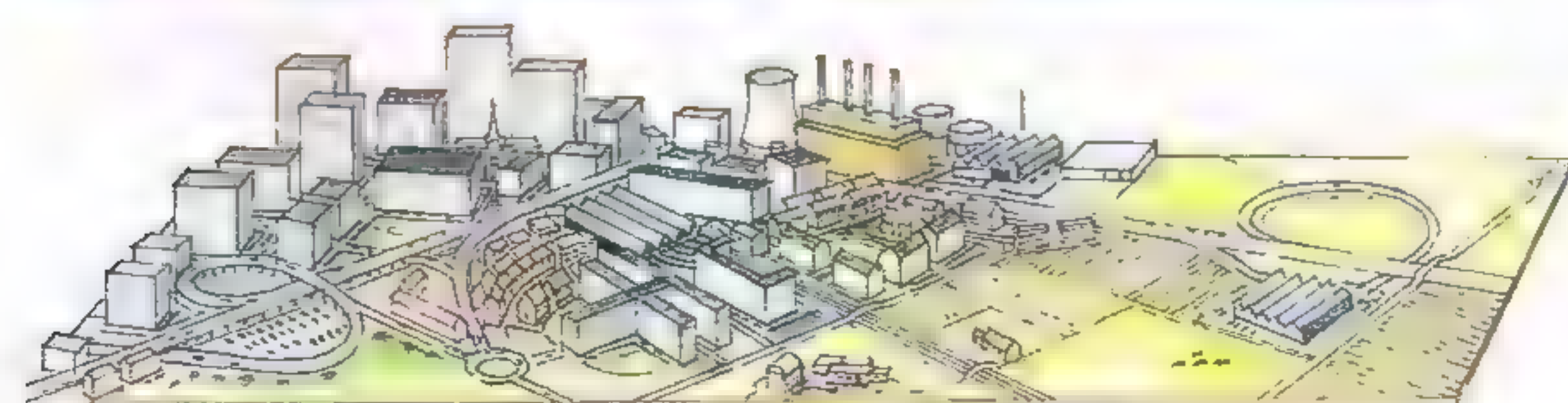
El cultivo de las llanuras herbáceas

Las llanuras de América del Norte han desaparecido prácticamente. El aumento de la población africana está eliminando las sabanas con sus riquezas de vida animal para dejar paso a una agricultura cuya viabilidad es dudosa. Los métodos de cultivo tradicionales son precarios y peligrosos en las zonas secas. Los intentos de cultivar las estepas de Asia central han llevado a fracasos desastrosos.



El drenaje de las zonas húmedas

Las zonas húmedas son importantes como medios de vida, además de desempeñar un papel importante en el ciclo hidrológico, nivelando el ritmo de los ríos y enriqueciendo las reservas de aguas subterráneas. Pero muchas zonas húmedas o bien se drenan o se rellenan para la construcción de industrias o viviendas. Los intentos de convertir las zonas húmedas en tierras cultivables suelen dar un rendimiento muy bajo por la pobreza de su suelo.

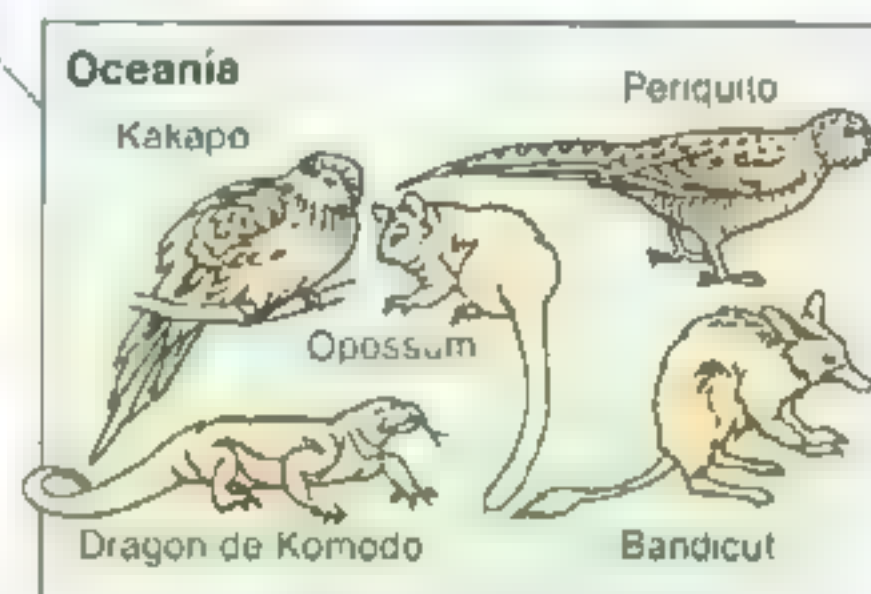
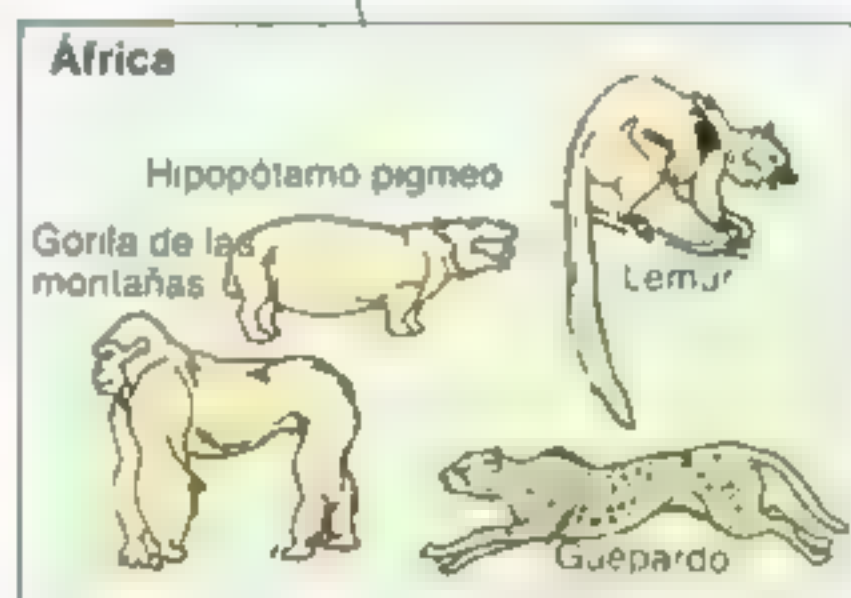
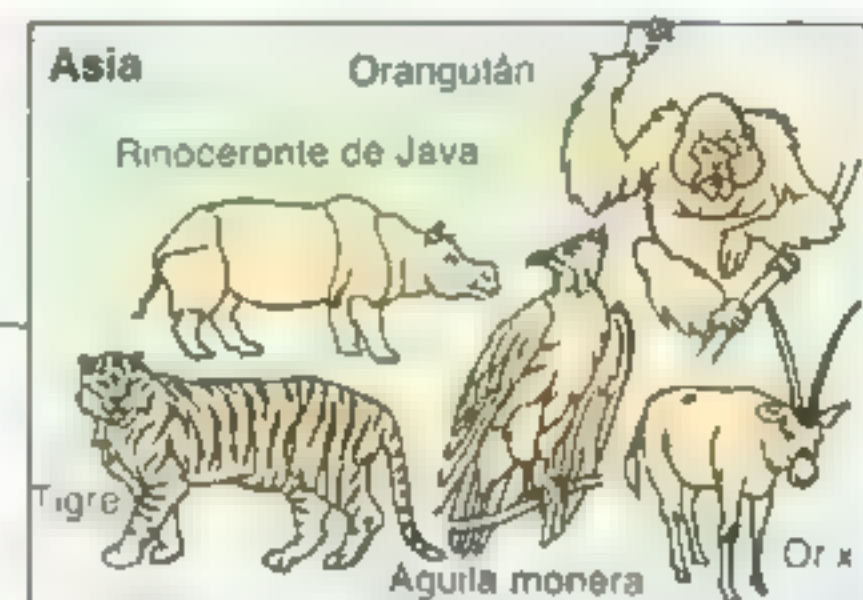
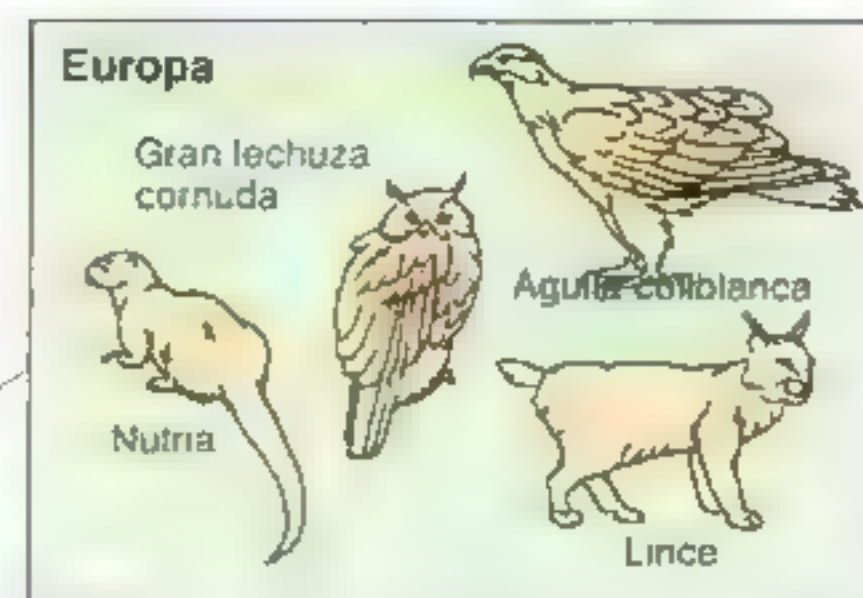
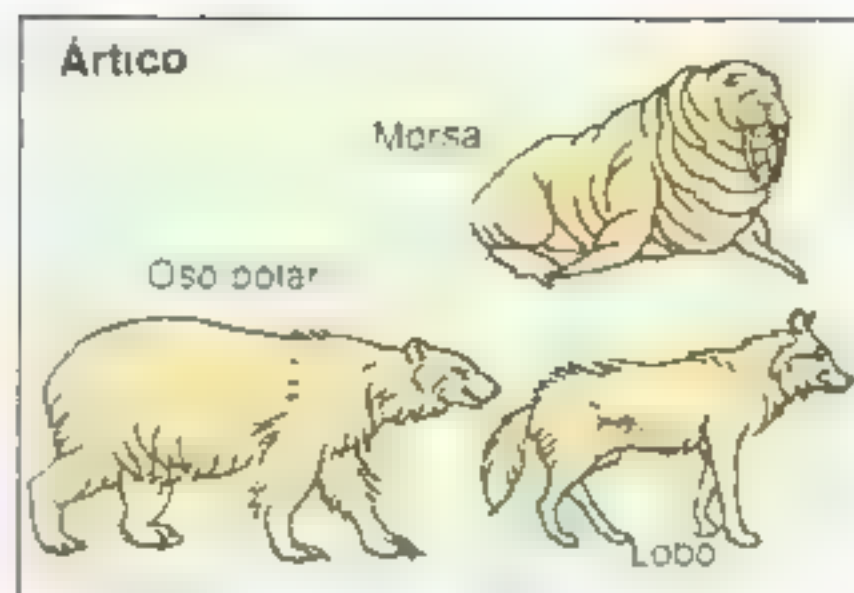
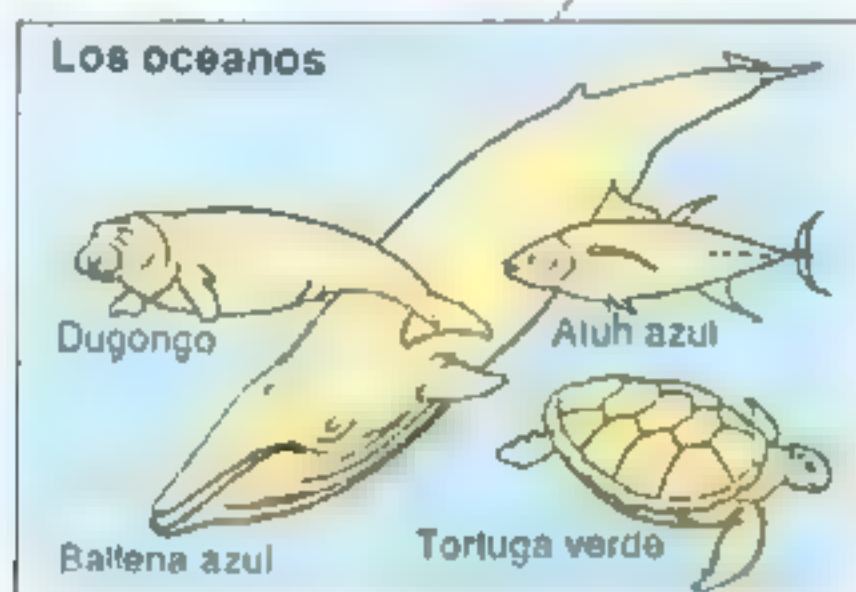
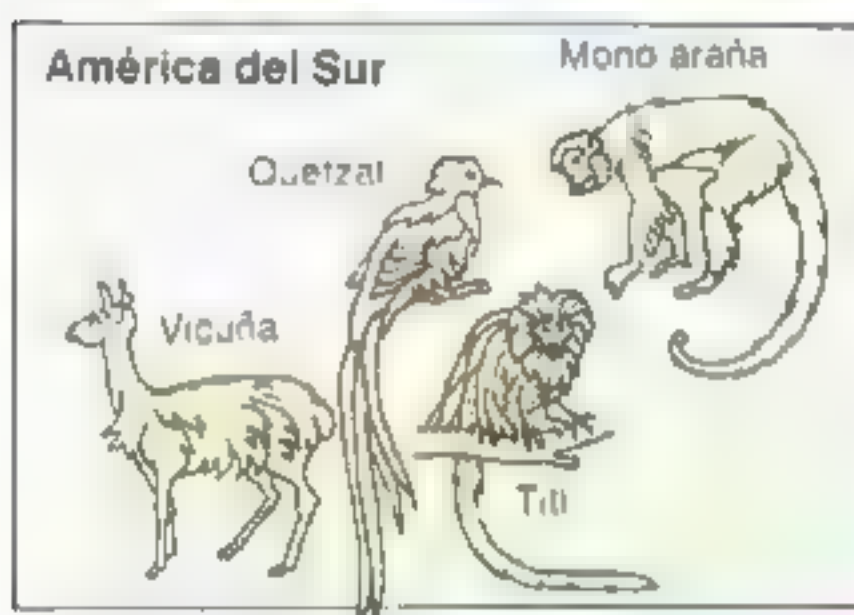


Los campos asfaltados

Las ciudades suelen desarrollarse en buenas zonas agrícolas y la urbanización ha supuesto en muchos casos el sacrificio de tierras productivas para la construcción de viviendas, calles y aparcamientos. De esta forma, la tierra cultivable se transforma en un desierto biológicamente improductivo. Será imposible, económica y físicamente, recuperar tales tierras para cultivos.

Especies animales en peligro

Muchas especies animales están amenazadas de extinción ya solo la lista de vertebrados en peligro es escalofriante. La naturaleza de estas amenazas es diversa: las aves rapaces europeas están amenazadas por los pesticidas de los campos, mientras que la avifauna de la Amazonia es destruida. Algunas de las especies que aquí se muestran no tienen ya posibilidad de salvación, mientras que otras pueden sobrevivir con la protección adecuada. El número de plantas y de animales inferiores amenazados es aún mayor pero a pesar de las graves consecuencias que su extinción puede tener para el hombre, no se presta mucha atención a su destino.



La destrucción deliberada del medio

No toda la destrucción del medio es involuntaria. La destrucción de las condiciones de vida del enemigo es una táctica de guerra que data de la antigüedad. El hombre primitivo carecía del enorme potencial destructivo que tenemos actualmente. En Vietnam (fotografía) se han delimitado grandes zonas de bosque para impedir que las guerrillas se ocultaran en la cubierta arbórea.



A través de la evolución, todas las especies animales y vegetales se han adaptado a un hábitat determinado, su medio. Este medio lo conforman el clima y el suelo, pero sobre todo las otras especies que lo habitan. Hace unos 300 años, una especie de árbol de la isla Mauricio dejó subitamente de reproducirse y hoy sólo quedan algunos especímenes. Las investigaciones revelaron que las semillas del fruto del árbol sólo crecen después de haber pasado por el sistema digestivo del dodó, ave que se extinguió hacia finales del siglo XVII. La exterminación indirecta, a través de la destrucción del hábitat tiene consecuencias más desastrosas que un ataque directo con rifle y hacha.

El hombre considera que ha «conquistado» la naturaleza y que se ha independizado de ella, pero no es así. El hombre es una criatura biológica con necesidades biológicas. Sin la naturaleza es imposible la civilización. Así pues, dependemos de los otros animales y plantas de nuestro hábitat, desde ballenas y tigres a bacterias microscópicas. Ninguna especie puede destruir su medio de vida sin perecer.

Debido a ello, el hombre debe salvaguardar su propio medio, protegiendo las especies amenazadas de extinción y los hábitats vulnerables, en parte mediante la creación de reservas naturales, pero, sobre todo, aprendiendo a utilizar el mundo con prudencia y consideración. En última instancia, sin embargo, ambas cosas son insuficientes e imposibles; las leyes del cambio y de la evolución prescriben que ninguna especie puede vivir eternamente y que ningún medio puede mantenerse eternamente estable. El hombre tiene que aceptar la responsabilidad no sólo de preservar, sino también de crear medios habitables para sí y para las otras especies con las que ha de compartirlos. El destructor debe convertirse en creador. Sólo entonces podrá la Tierra ser permanentemente habitable para la humanidad y para la especie hacia la que finalmente ésta evolucionará.

El hombre y la corteza terrestre



El hombre, excavador

Desde el final de la Edad de Piedra el hombre ha modificado la superficie de la Tierra, empleando herramientas sencillas como palas, azadones, cestas, carretas y carretillas. Estos métodos laboriosos, aunque baratos, siguen siendo útiles en los países en desarrollo, donde se puede movilizar a gran número de personas para llevar a cabo grandes realizaciones. Estos métodos fueron importantes en los ingentes proyectos de regulación de las aguas en China, en las décadas de 1950 y 1960 (derecha). Los países industrializados emplean menos gente y máquinas mayores (izquierda).

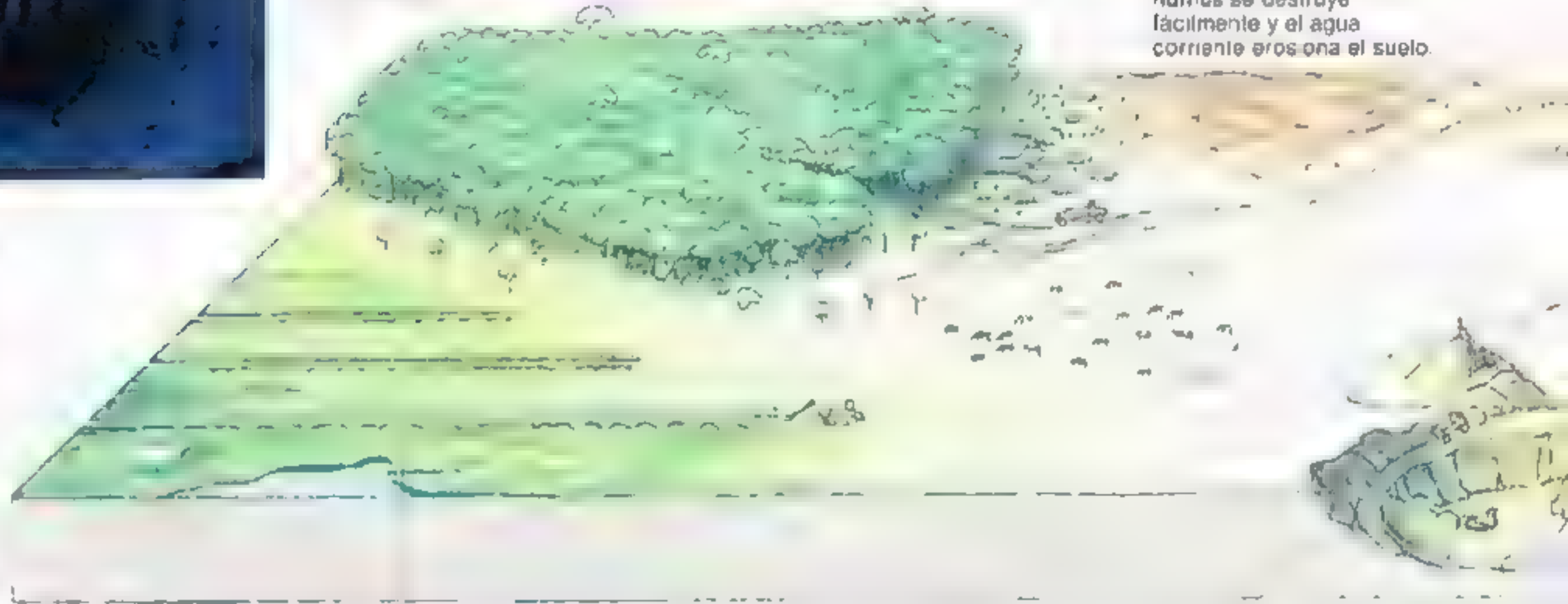


El bosque sufre una tala excesiva para obtener madera o combustible, para abrir tierras para la agricultura comercial o, en muchos países, para la agricultura primitiva de subsistencia.

Cuando se talan los árboles protectores, la capa de humus se destruye fácilmente y el agua corriente erosiona el suelo.

El hombre, fuerza geológica

A largo plazo la acción del hombre sobre la Tierra puede tener consecuencias desafortunadas (derecha). La destrucción suele ser indirecta, cuando se inicia la erosión al eliminar la cubierta protectora de vegetación. El drenaje, los proyectos de regadío, la minería a cielo abierto son otros ejemplos de las modificaciones realizadas por el hombre en el suelo. La destrucción de la Tierra es a veces resultado de una empresa deliberada para la obtención de beneficios económicos inmediatos, aunque generalmente se debe a la lucha diaria de los pobres por su supervivencia, motivados por la necesidad más que por los beneficios.



El drenaje de las zonas húmedas elimina ecosistemas importantes y disminuye las infiltraciones de las aguas situadas por debajo de la superficie.

La minería a cielo abierto deja cicatrices permanentes. El nivel freático desciende y las montañas de residuos pueden liberar los metales pesados.

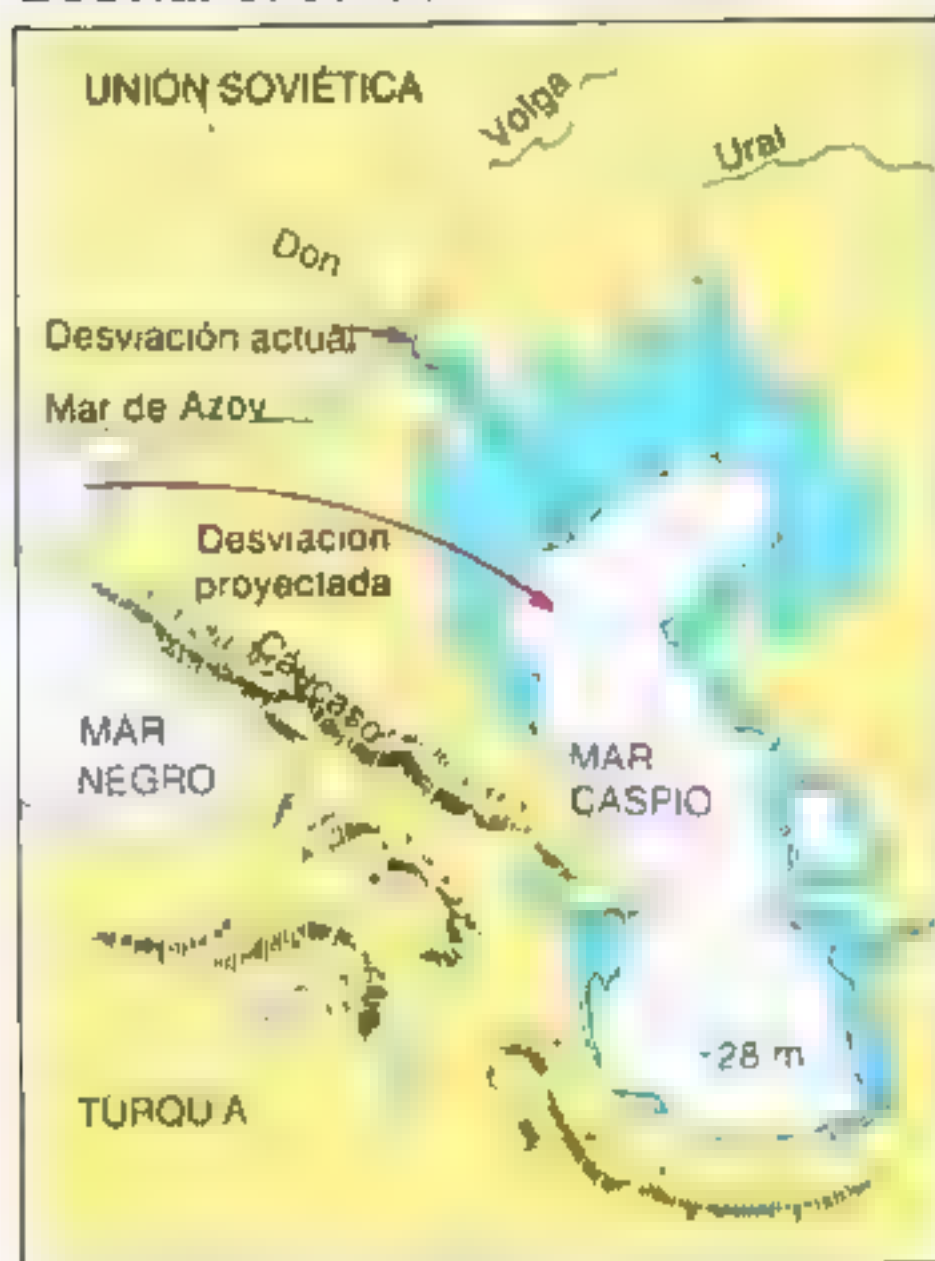
El hombre, para bien o para mal, crea su propio paisaje. Se puede apreciar claramente en las regiones agrícolas de Europa Occidental, en China y en el sureste asiático, aunque hasta en los países menos poblados el paisaje es escasamente «natural». Los mapas que muestran la «vegetación natural» suelen mostrar cómo serían las cosas sin la intervención del hombre.

El hombre no sólo actúa sobre la vegetación, sino que también altera la corteza terrestre. Herramientas sencillas como palas y carretillas bastan para producir grandes cambios en el rostro de la Tierra. Los métodos utilizados para la construcción de las Pirámides y de la Gran Muralla china se siguen empleando hoy. Naturalmente, las posibilidades de transformar el paisaje son mayores en los países industriales, donde se emplean máquinas para remover el suelo, camiones pesados y explosivos. Cuando el hombre actúa como fuerza geológica, suele ser de forma indirecta, modificando o eliminando la vegetación. Los resultados pueden ser destructivos (erosión del suelo, desertización o inundaciones), aunque también crea medios estables y muy productivos. En el sureste asiático, por ejemplo, hay campos en terraza que, según los arqueólogos, llevan utilizándose continuamente desde hace cinco o seis mil años. Por otro lado, en las praderas norteamericanas, unos años de cultivo despiadado en clima seco

provocaron los desastres del «dustbowl» en los años 30, cuando el viento arrancó todo el suelo. Amplias zonas fértiles en torno al Eufrates, al Tigris y al Indo, que en otras épocas alimentaron a las primeras civilizaciones, son hoy yermas o están inundadas y excesivamente salinizadas por métodos de cultivo poco prudentes.

La acción sobre la vegetación produce también cambios en el ciclo hidrológico que, a su vez, puede causar cambios en el paisaje. Una alta proporción de limo en el agua de un río puede atascar los embalses y los canales de regadío e incluso hacer cambiar el curso del río. La deforestación en el curso superior del río puede traer como consecuencia un exceso de limo, que se puede combatir mediante la repoblación y otras medidas contra la erosión. En ocasiones un alto contenido de limo puede ser beneficioso. El limo del Nilo fertilizaba los campos de Egipto todos los años, hasta que la Gran Presa de Assuán puso fin a esta inundación anual. La presa ha aumentado la necesidad de fertilizantes artificiales importados y caros, ha destruido la pesca en el delta y ha puesto al delta mismo, la región más fértil de Egipto, en peligro de ser totalmente arrasada por el mar. El hombre tiene una gran capacidad para cambiar el rostro de la Tierra, aunque su disposición para reconocer las consecuencias de sus acciones es mucho menor.

Desviar el curso de los ríos



Hace seis millones de años, el Mar Caspio era una cuenca profunda de un mar interior que se extendía desde los Cárpatos al Mar de Aral. Hoy corre el peligro de secarse debido al alto nivel de evaporación y a las insuficientes aportaciones de los ríos. Grandes zonas (en azul oscuro en el mapa, izquierda) se encuentran bajo el nivel del mar. Parte de las aguas del Don se canalizan hacia el Volga (flecha roja corta), y hay planes para llevar agua del Mar de Azov al Caspio (flecha larga). Esto permitiría estabilizar el agua en este último al nivel actual.

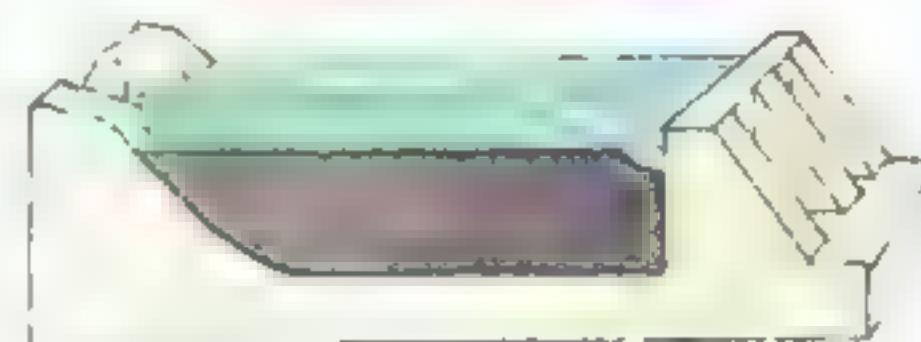
Presas encenagadas



La capacidad de transporte de limo de los ríos depende del nivel de agua. Si se construye una presa en un río, disminuye la velocidad de la corriente. Las partículas de limo no pueden mantenerse suspendidas en el agua.



y caen al fondo. Este proceso cubre el fondo de una capa cada vez mayor de sedimentos y el embalse situado por encima de la presa es cada vez menos profundo.

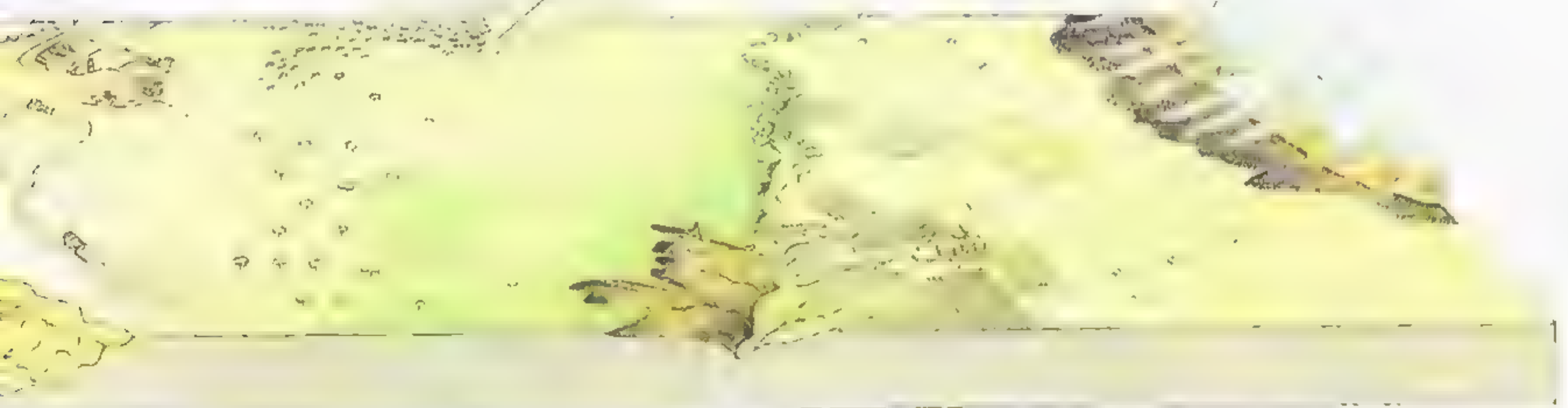


Finalmente, el embalse se encenaga completamente a excepción de un pequeño canal en el centro. Este proceso es una amenaza a largo plazo para los ríos regulados ricos en limo, como el Nilo y el Hoang Ho Amarillo).

Maquinaria pesada arranca el suelo, destruyendo la vegetación y alterando el microclima y el medio.

El pastoreo abusivo destruye la cubierta vegetal, las pisadas minan los pastos y el viento se lleva el suelo.

En los climas secos con fuertes lluvias periódicas, un cultivo abusivo puede provocar la aparición de barrancos.



Las tormentas de polvo

surgen cuando los fuertes vientos agitan las finas partículas del suelo y las arrastran. Esto sólo puede suceder cuando el suelo no tiene vegetación para frenar el viento, por lo que las tormentas de polvo son frecuentes en las regiones desérticas. A consecuencia de la agricultura extensiva, en la década de 1930, las tormentas convirtieron las tierras de labor de la pradera norteamericana en cuencas de polvo improductivas. Las medidas para restaurar la vegetación del suelo han permitido ahora superar el problema de la erosión del viento, aunque se siguen produciendo tormentas de polvo locales (abajo).

En los climas secos las rozas por fuego y la plantación de cultivos pueden provocar la destrucción del suelo por la erosión.

El paisaje del hombre

Un paisaje como el de abajo (noroeste de Estados Unidos) es producto de nuestra civilización. No existe vegetación natural alguna. Una agricultura prudente adaptada al suelo y al clima puede hacer que este medio sea estable y productivo durante siglos.



Es posible proteger la tierra

Métodos de cultivos prudentes, preservación de los bosques y nuevas plantaciones protectoras pueden resguardar de la erosión del viento. El laboreo siguiendo las curvas de nivel, con los surcos paralelos a las curvas de nivel del terreno, impide que las aguas se lleven el suelo. Estos métodos se han aplicado a las tierras de cultivo (derecha).







El fuego

Sentados alrededor de la hoguera nuestros primitivos antepasados contemplaban las tinieblas. En ocasiones percibían el resplandor de unos ojos. La oscuridad que se extendía fuera del círculo de su hoguera era el reino del terror, la guarida de animales predadores y de espíritus y monstruos imaginarios.

Según la mitología griega el despertar cultural se produjo cuando Prometeo les robó el fuego a los dioses para dárselo al hombre. Cuando la filosofía sustituyó al mito, el fuego tuvo un nuevo defensor en Heráclito, pensador que vivió en torno al año 500 a. de C., en la ciudad griega de Éfeso, en Asia Menor.

Heráclito era un filósofo dialéctico. Consideraba el mundo no como un objeto o un estado, sino como un proceso continuo, un flujo. Afirmaba que todo fluye, que no podemos adentrarnos dos veces en el mismo río porque el agua no es nunca la misma. En el fuego, que todo lo consume y que está en cambio continuo, veía el elemento primario. Hoy se sabe que el fuego no es un elemento, sino una transformación, un proceso.

Hasta el siglo XVIII los químicos consideraron el calor como una sustancia física denominada flogisto. Los cuerpos calientes contenían más flogisto que los fríos. Se creía que, en la combustión, el flogisto se separaba del material combustible.

Con el descubrimiento del oxígeno por el químico inglés Priestley y el sueco Scheele, quedó claro que la combustión era un proceso de oxidación, y la teoría del flogisto se consideró insostenible. Fue definitivamente rechazada por el estudio de la termodinámica, ciencia inspirada por el motor de vapor y que describe las conversiones de energía, como la conversión del calor en movimiento. Hoy día, la palabra calor define una forma de radiación electromagnética, así como los movimientos moleculares.

Heráclito se ha visto reivindicado hasta cierto punto por la cosmología moderna. Los científicos se inclinan actualmente a creer que el universo nació en la bola de fuego de la gran explosión («big bang»). Toda la energía que nos rodea, desde el calor del Sol, hasta las radiaciones cósmicas que apenas superan el cero absoluto, es en definitiva un resto de la «gran explosión»: el fuego primario. Puede que en cierto momento en el lejano futuro el fuego desaparezca y las tinieblas se apoderen del cosmos.

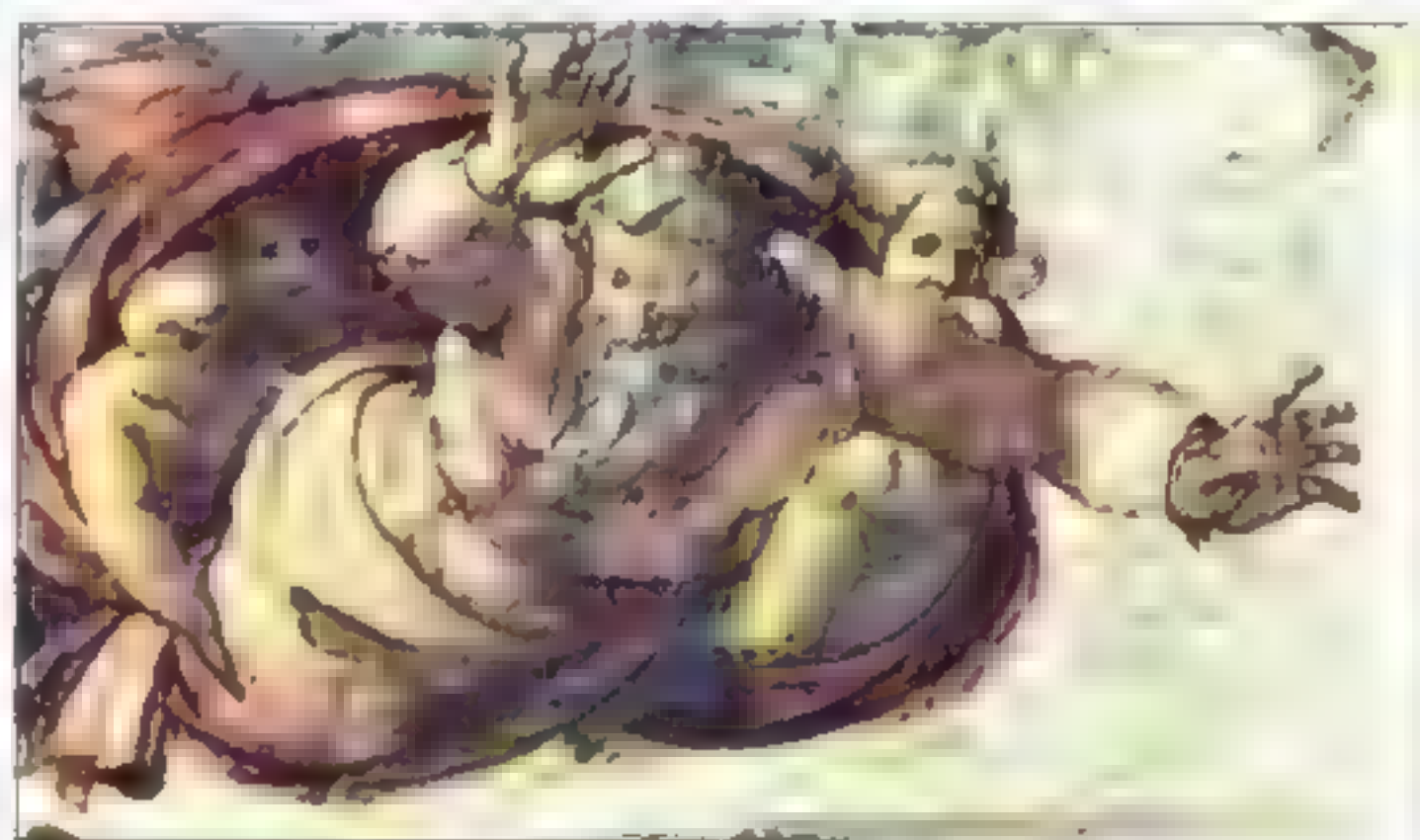
El fuego primigenio

Por mucho que observemos las estrellas no podremos percibir cambio alguno de una noche a otra. La idea de que el universo está en un estado de equilibrio, sin comienzo ni fin, parece bastante natural. Sin embargo, toda civilización ha tenido su leyenda propia sobre la creación. El relato bíblico se encuentra en el Libro del Génesis: «Y Dios dijo: Hágase la Luz, y la Luz se hizo.»

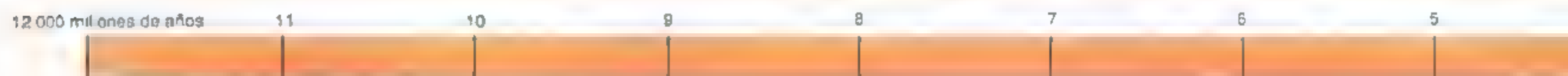
La idea del estado de equilibrio se vio reforzada por las ciencias naturales y, a pesar de las creencias bíblicas, ha sido la teoría cosmológica predominante hasta bien entrado nuestro siglo. En la década de 1920 el astrónomo norteamericano Hubble descubrió que cuanto más alejadas están las galaxias, la luz que nos llega de ellas se inclina más hacia el extremo del rojo en las bandas del espectro visible. Tras arduos debates los científicos aceptaron la explicación más sencilla: esta inclinación se debe al efecto Doppler y las galaxias se alejan de nosotros a una velocidad sorprendente.

Finalmente, en la década de 1960, quedó claro que el universo está en continua expansión. A partir de entonces los cosmólogos pudieron determinar la edad del universo sobre la base de

La creación



En el relato de la creación de la Biblia (arriba, detalle de una pintura de Miguel Ángel), Dios separó la luz de las tinieblas, creando así el universo visible.



Nuestro universo en expansión

El universo se está expandiendo en todas direcciones a partir de la «singularidad» originaria. Esta expansión se ilustra aquí con un sector de expansión y una escala temporal. Calcular la edad del universo constituye, indudablemente, una tarea incierta. El universo actual está formado principalmente por hidrógeno, que fue, en los orígenes, el único elemento. La gravitación concentró este gas formando nubes y, con el tiempo, las estrellas, los cúmulos estelares y las galaxias.

Dos generaciones

En las primeras estrellas se formaron los elementos más pesados mediante la fusión de los núcleos de hidrógeno. Las estrellas, novae y supernovas, al explotar, difundieron estos elementos por todo el espacio y se incorporaron a la actual generación de estrellas.

Estrellas de la primera generación

Estrellas de la segunda generación

Los primeros minutos

«Singularidad»

No se puede describir el estado del universo en los primeros instantes con las leyes físicas aplicables a nuestro actual universo.

Durante unos minutos el espacio se llenó de un «fluido» opaco de fotones, la unidad mínima de energía radiante.

Poco después, las primeras partículas elementales se separaron de este «fluido» de fotones.

Los primeros átomos

Fueron átomos de hidrógeno, formados por un protón (núcleo de carga positiva) y un electrón de carga negativa. Los elementos más pesados no se formaron hasta varios miles de millones de años después. La materia del universo es que estando formada por un 99 por 100 de hidrógeno.

su actual ritmo de expansión. Se llegó a la conclusión de que el universo se originó probablemente en un punto único sin dimensiones, una «singularidad» sin dimensiones espaciales o temporales y que contenía toda la masa del cosmos. El universo y el espacio explotaron en este punto hace al menos entre 12.000 y 15.000 millones de años. A esta creación se le denominó la «gran explosión».

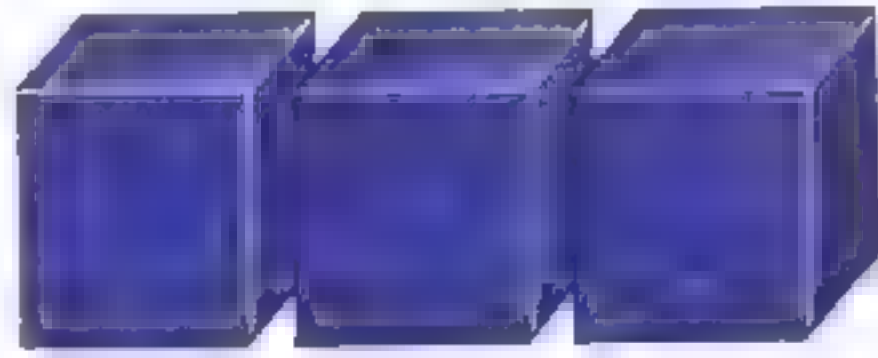
Al expandirse, el universo se fue enfriando. Unos minutos después de la explosión la temperatura había descendido a alrededor de los mil millones de grados y se formaron las primeras partículas elementales. Dos o tres mil millones de años después aparecieron las primeras estrellas entre las nubes de hidrógeno. En esta primera generación de estrellas, las reacciones nucleares fundieron los núcleos de hidrógeno, convirtiéndolos en los elementos más pesados, del helio al carbono y al uranio, que posteriormente pasaron a formar parte de las estrellas y planetas actuales, y de nuestros mismos cuerpos.

¿Cuál será, pues, el futuro? Hay dos posibilidades. Una es que la expansión continúe eternamente, el universo esté cada vez más

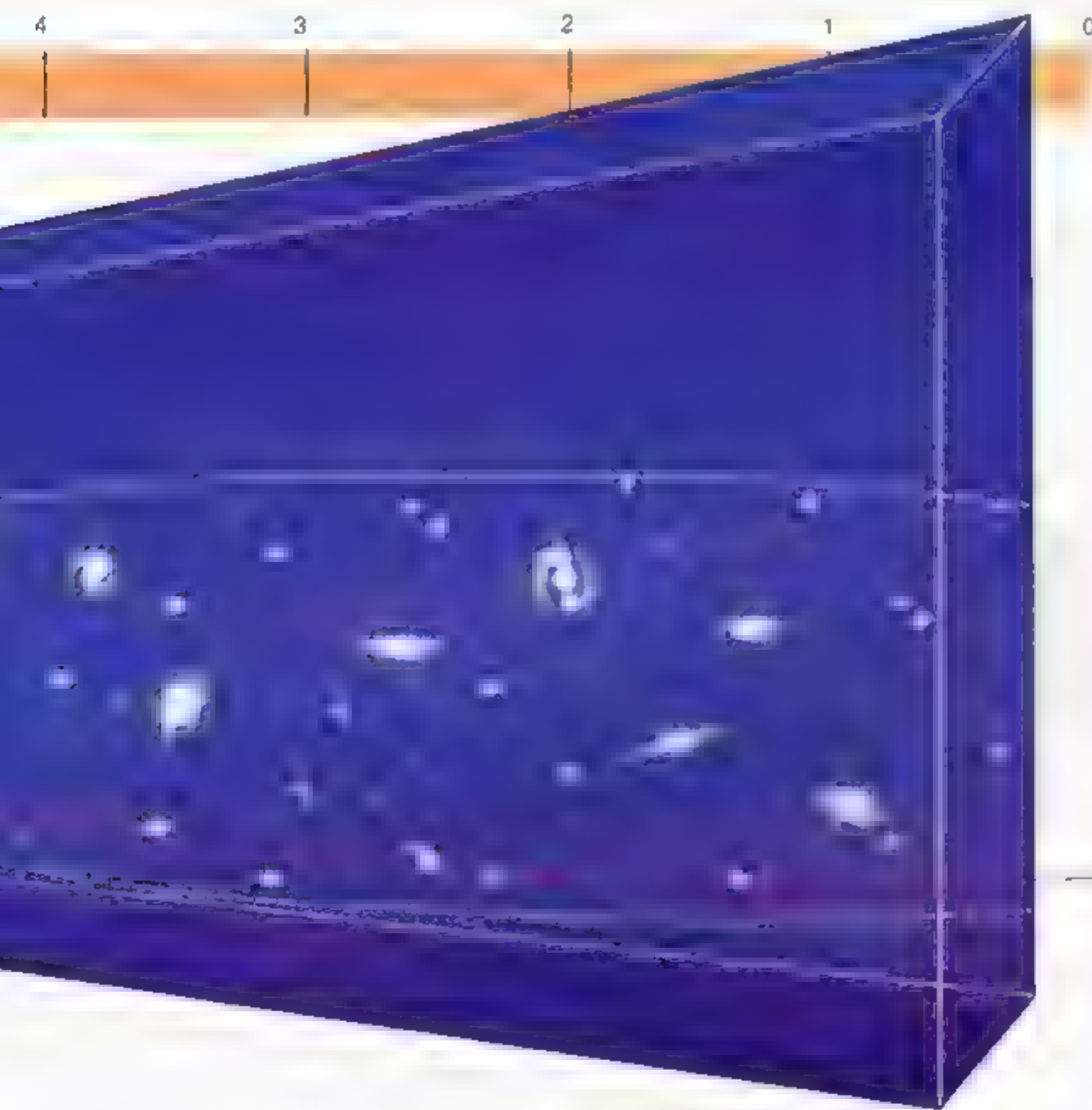
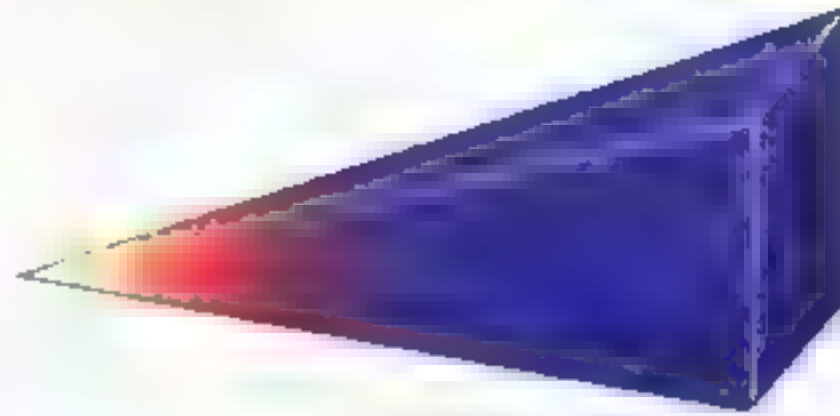
esparcido y más frío, y las estrellas se apaguen y mueran, hasta que finalmente la materia se desintegre y no queden más que las radiaciones cósmicas, ondas sonoras frías una fracción por encima del cero absoluto. La otra alternativa es más espectacular: se detiene la expansión y se pasa a la contracción. Finalmente, el universo regresa a una «singularidad», una implosión a la que los cosmólogos irreverentes denominan la «gran contracción» («big crunch»).

Las probabilidades de estas dos alternativas dependen de la masa total del universo, valor que los físicos no pueden calcular. Si está por debajo de cierto valor crítico, la expansión continuará. Si es mayor, entonces nos dirigimos hacia la gran contracción. ¿Tiene masa el neutrino, la partícula elemental más común? ¿Existen grandes cantidades de materia invisible, sin radiación, en el cosmos? Si la respuesta a cualquiera de estas preguntas es afirmativa, la fuerza gravitacional total es suficiente para detener la expansión y el universo volverá al punto de partida y desaparecerá para siempre o renacerá en otro «big bang».

¿Estado de equilibrio...
Durante siglos los científicos creyeron que el universo solo había cambiado en pequeños aspectos. Sin embargo, tal teoría perdió validez al descubrirse que el espacio mismo se expande.



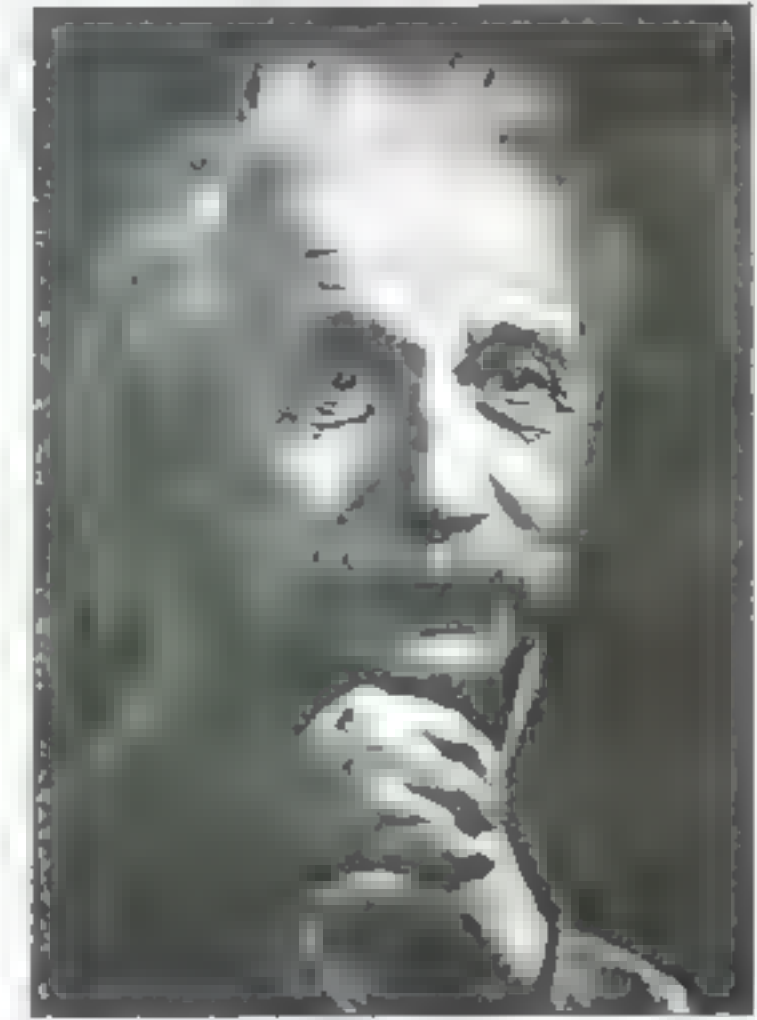
... o una gran explosión?
Los cosmólogos, los científicos que estudian la estructura y desarrollo del universo, creen actualmente que en el espacio comparativamente corto de entre 12 000 y 15 000 millones de años, el universo se ha expandido a partir de un punto único. A la explosión inicial que dio comienzo a la expansión se le denomina la «gran explosión».



La curvatura del espacio

De Euclides a Newton

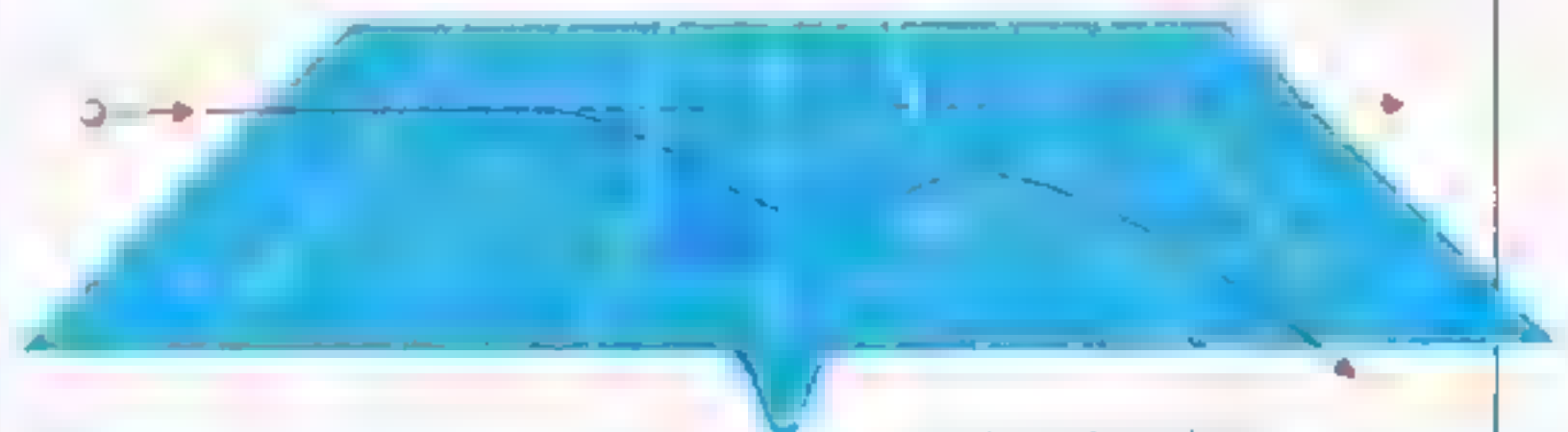
La geometría espacial se concebía como rectilínea, de ángulos rectos y básicamente uniforme en todos sus puntos. En el universo descrito por Einstein (derecha) el espacio está deformado o inclinado por las masas que tiene en su interior (abajo).



Espacio y masa

Es casi imposible visualizar la curvatura del espacio tridimensional. Aquí se muestra como un plano bidimensional deformado por la masa de una estrella. La curvatura de espacio la conforman no solo masas y partículas, sino también rayos de luz. De hecho, fue la inclinación de los rayos de luz adyacentes a una estrella lo que confirmó la teoría de Einstein, cuando este fenómeno se observó por primera vez en la década de 1920.

En un plano no deformado una partícula de masa o un fotón traza una línea recta.

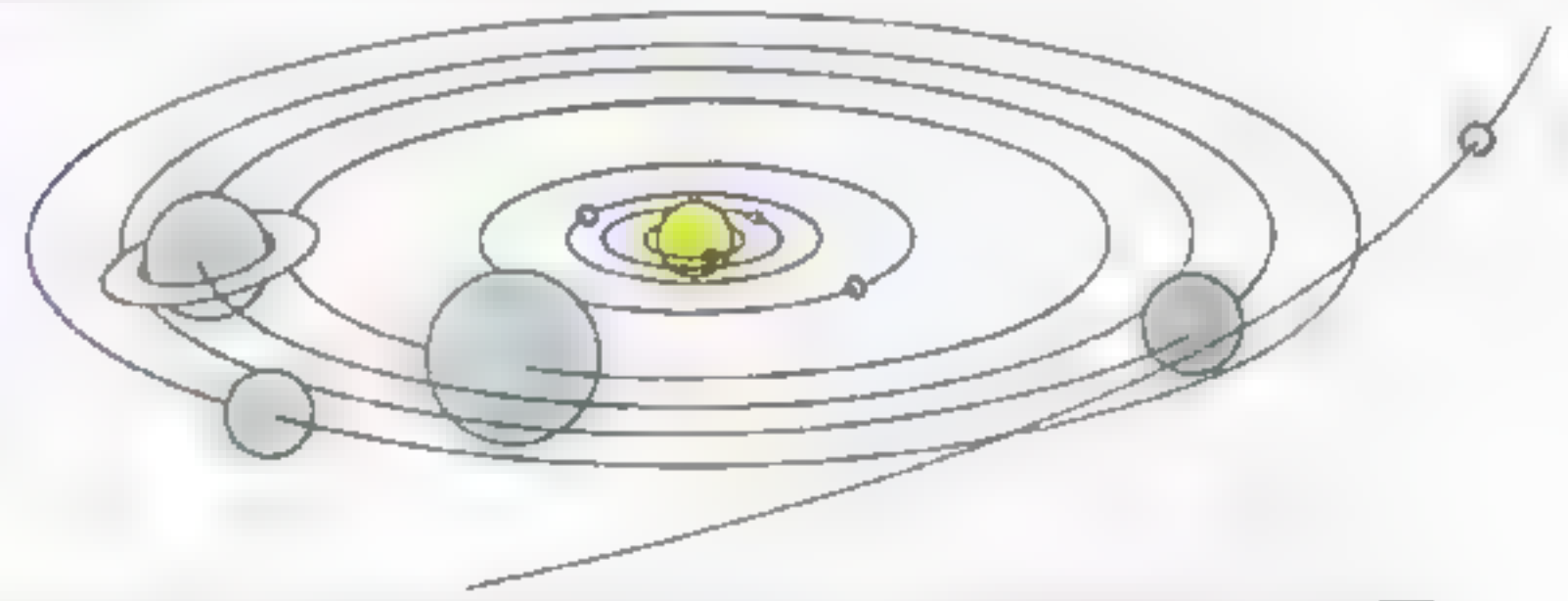


La masa de la estrella deforma el espacio tridimensional de la misma forma que deforma este plano bidimensional.

La trayectoria de una partícula o fotón se desvía al pasar junto a la masa que deforma el espacio.

Nuestro sol

y su sistema planetario se formaron hace 4 500 a 5 000 millones de años. El Sol pertenece, pues, a la segunda generación de estrellas del universo.



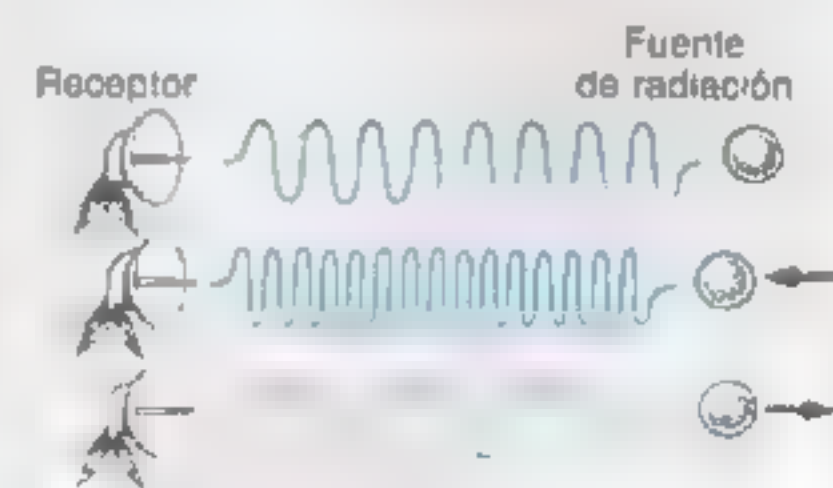
El desplazamiento hacia el rojo

El desplazamiento hacia el rojo (causado por el efecto Doppler) demuestra que las galaxias lejanas se están alejando de nosotros. Esto no supone que la Tierra o nuestra galaxia sean el centro del universo, como puede verse mediante un experimento sencillo. Pegue unos trozos de cinta adhesiva a un globo desinflado y luego inflado (abajo, derecha). Se puede ver que todos los trozos se alejan unos de otros, es decir, en todos los casos aumenta la distancia de un trozo con respecto a los demás.



El efecto Doppler

Las ondas de luz o de radio tienen una longitud determinada (arriba). Si la fuente de radiación se mueve hacia nosotros, percibimos una onda corta (centro). Si la fuente se aleja de nosotros aumenta la longitud y disminuye la frecuencia, y la luz se desplaza hacia el rojo (abajo). Los radares de control de velocidad del tráfico se basan en el efecto Doppler.



Simetría cósmica

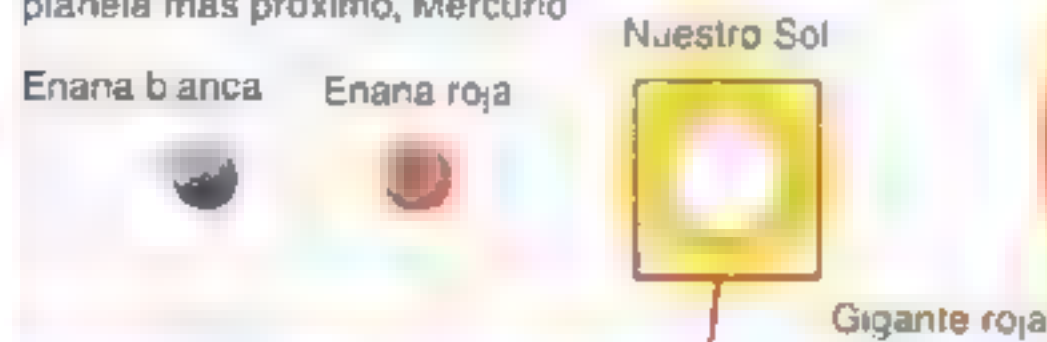
Puesto que el universo se expande de manera uniforme no importa en qué punto del cosmos instale sus instrumentos el astrónomo. Desde cualquiera de los dos puntos de observación del diagrama (izquierda) puede verse como se alejan los otros (flechas).



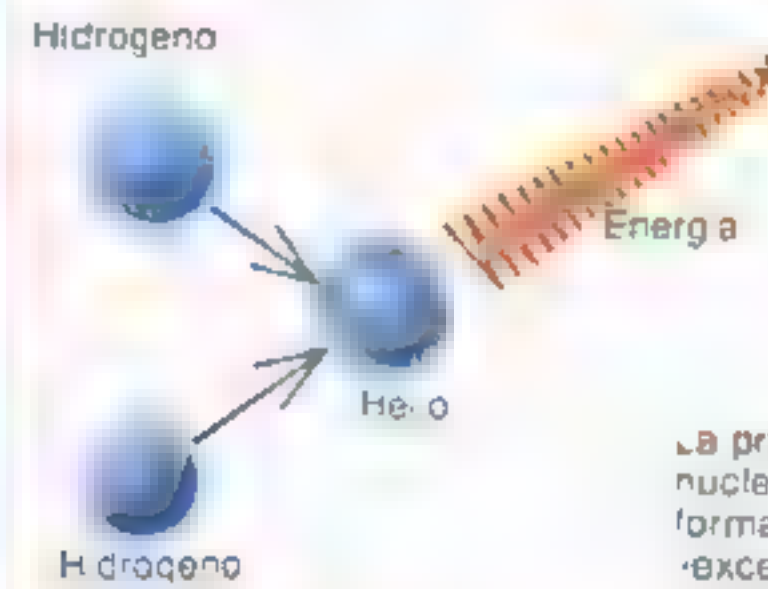
El sistema solar

Una estrella muy común

Nuestro Sol tiene una edad, temperatura y tamaño diversos. Lleva brillando unos 5.000 millones de años y seguirá luciendo durante otros tantos años. La mayoría de las estrellas grandes y enanas son el resultado de los procesos normales de envejecimiento de las estrellas. Cuando nuestro Sol lleve luciendo unos 11.000 millones de años, y tenga el doble de su edad actual, habrá consumido todo el hidrógeno disponible y empezará a producir energía por combustión del helio. El Sol se convertirá en una estrella gigante roja y se expandirá hacia afuera, hacia la órbita del planeta más próximo, Mercurio.



Energía estelar



La energía solar es energía nuclear. Proviene de una compleja cadena de reacciones nucleares, en las que los elementos pesados se van formando a partir de los más ligeros.

La primera fase es la más importante: dos núcleos de hidrógeno se fusionan formando un núcleo de helio. Parte del «excedente» de masa se convierte en calor; la temperatura del núcleo del Sol es de por lo menos de 15 millones de grados centígrados.



Nuestro Sol es una estrella media, ni muy grande ni muy pequeña, ni caliente ni fría, ni vieja ni reciente. Está situada al borde de un tipo muy común de galaxia espiral. Si lo normal es que tales estrellas tengan un sistema planetario, tal como creen la mayoría de los astrónomos, entonces debe haber muchos planetas parecidos a la Tierra en el universo y en alguno de ellos debería haber vida.

Los planetas de nuestro sistema solar pertenecen a dos categorías totalmente diferentes. Los planetas interiores, *Mercurio*, *Venus*, *La Tierra* y *Marte*, son lo que en ocasiones se denomina «mundos de bola de cañón»: orbes minerales compactos rodeados de un fino cinturón atmosférico. Los planetas exteriores están compuestos principalmente de gases.

De hecho, Mercurio carece enteramente de atmósfera y es muy parecido a nuestra luna, aunque la temperatura de su superficie fundiría el plomo. Venus es un desierto caluroso envuelto en una niebla amarillenta de dióxido de carbono. Sólo nuestra Tierra tiene una atmósfera de oxígeno y agua líquida. Por lo que sabemos, es también el único planeta con vida en la superficie. Marte tiene una atmósfera enrarecida formada principalmente por dióxido de carbono, como la de Venus, aunque la superficie de Marte es un desierto glacial en el que sólo se mueven las tormentas de polvo. En contra de las primeras teorías los asteroides no son fragmentos procedentes de la explosión de un planeta, sino que son los materiales de un planeta que no llegó a formarse, porque la fuerza gravitacional del planeta gigante Júpiter los mantenía en continua dispersión.

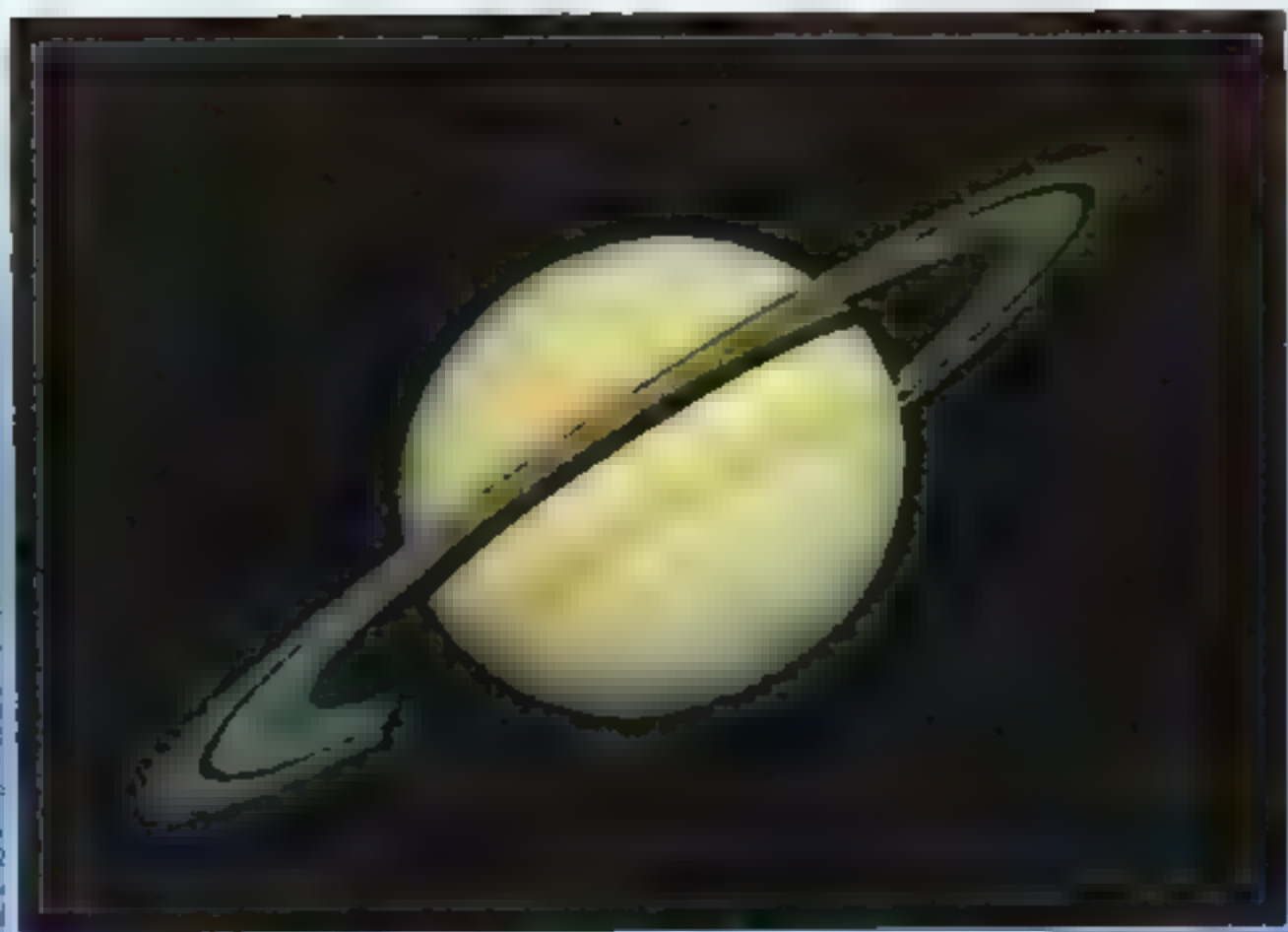
Los planetas exteriores, *Júpiter*, *Saturno*, *Urano* y *Neptuno*, son gigantescas bolas de gases muy fríos, principalmente hidrógeno, helio, metano y amoníaco. La densidad es baja —en el caso de Neptuno menor que la del agua—, pero debido a su enorme tamaño los campos gravitacionales de estos planetas tienen una fuerza extraordinaria. Los anillos de Saturno están formados por partículas de hielo. Urano y Neptuno tienen también unos tenues sistemas de anillos. Cada uno de ellos tiene una imponente escolta de lunas, muchas de las cuales son tan grandes como el planeta Mercurio. Plutón es un elemento original entre los planetas. Su órbita es oblicua y excéntrica, y es un «mundo de bola de cañón» como los planetas interiores. Es posible que Plutón sea un planeta adoptado: un cuerpo celeste venido de otro mundo.

Los planetas exteriores, *Júpiter*, *Saturno*, *Urano* y *Neptuno*, son gigantescas bolas de gases muy fríos, principalmente hidrógeno, helio, metano y amoníaco. La densidad es baja —en el caso de Neptuno menor que la del agua—, pero debido a su enorme tamaño los campos gravitacionales de estos planetas tienen una fuerza extraordinaria. Los anillos de Saturno están formados por partículas de hielo. Urano y Neptuno tienen también unos tenues sistemas de anillos. Cada uno de ellos tiene una imponente escolta de lunas, muchas de las cuales son tan grandes como el planeta Mercurio. Plutón es un elemento original entre los planetas. Su órbita es oblicua y excéntrica, y es un «mundo de bola de cañón» como los planetas interiores. Es posible que Plutón sea un planeta adoptado: un cuerpo celeste venido de otro mundo.

Marte



Saturno



Plutón

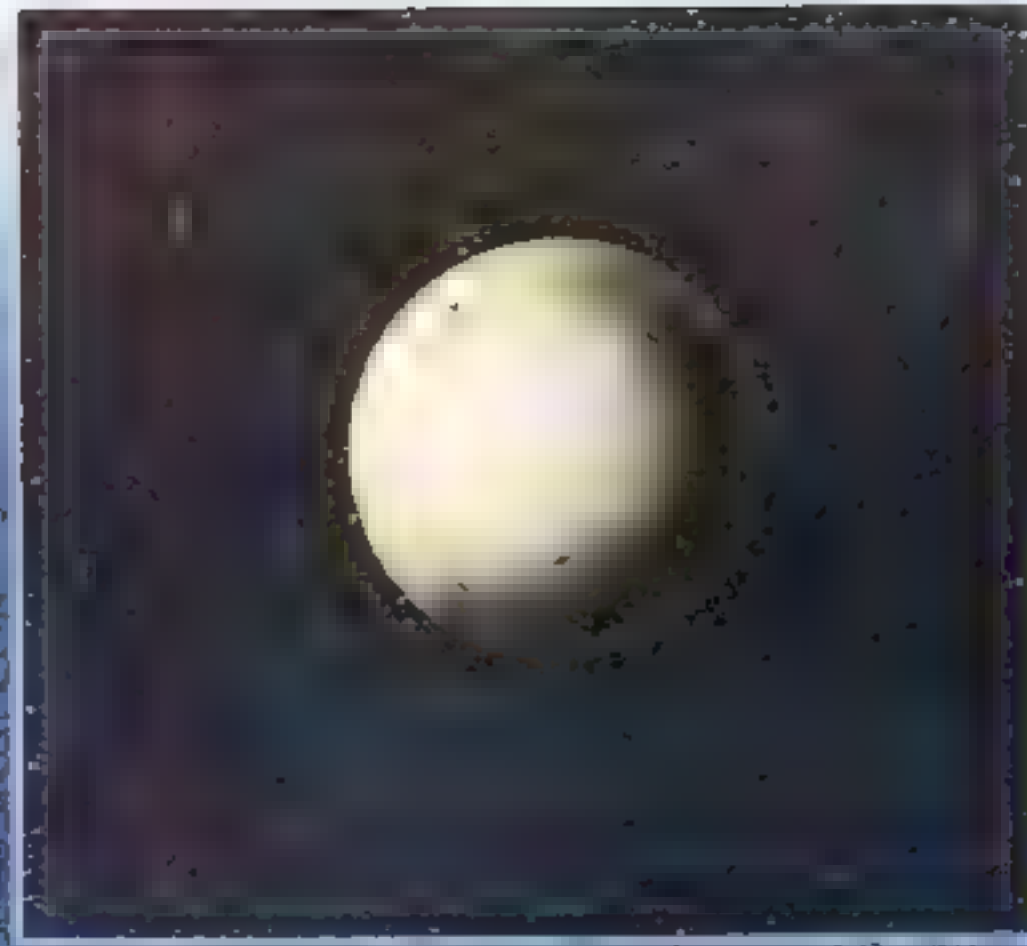
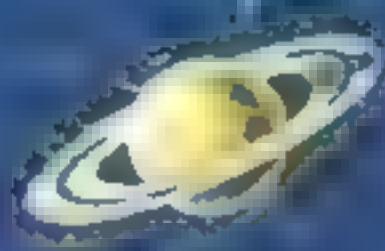
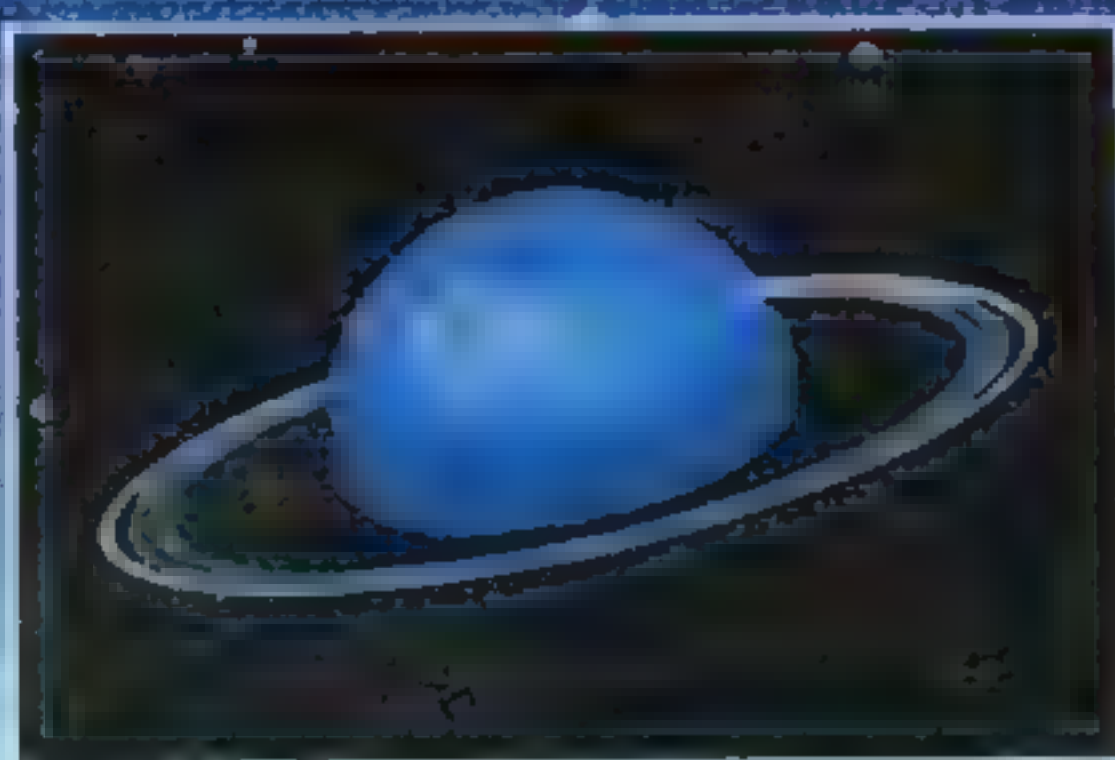


Diagrama de los planetas

Para mayor claridad se han reducido las distancias y las diferencias de magnitudes entre los planetas. El radio del planeta hacia el Sol es 8.500 veces mayor que el de la Tierra. A una escala correcta los planetas no serían visibles, las estrellas pequeñas son fotografías, excepto una, como la de Urano, Neptuno y Plutón, que son dibujos.



Jupiter



Urano



Neptuno

Los primeros pasos en el espacio

Cuando en 1969 Neil Armstrong se puso sobre la Luna (derecha) fue la como el día. Un salto gigantesco para la humanidad. Sin embargo debido a los enormes costos de los viajes espaciales tripulados el estudio ulterior de los planetas se está realizando con aparatos controlados a distancia que han fotografiado Mercurio, Júpiter y Saturno y que han penetrado en la atmósfera de Venus y descendido sobre Marte. En 1983 una sonda espacial norteamericana de la serie Pioneer se convirtió en el primer aparato fabricado por el hombre que salió de nuestro sistema solar para proseguir su recorrido por el espacio interestelar.



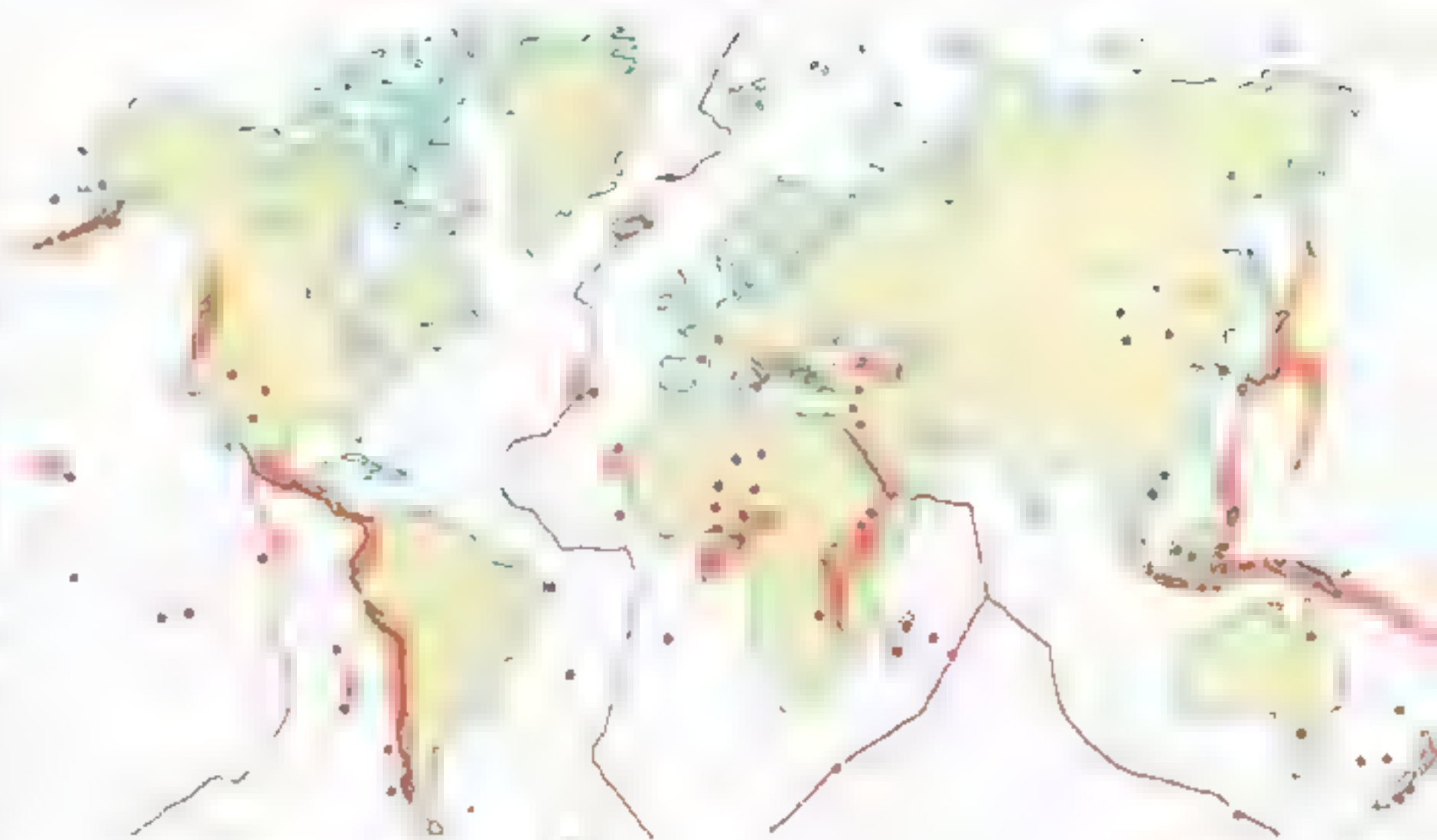
Las montañas de fuego

La mayoría de los procesos geológicos son tan lentos que no nos da tiempo a observarlos directamente durante nuestras breves vidas. Sus efectos acumulativos no se perciben antes de miles o millones de años. El vulcanismo es una excepción. Un cono volcánico puede formarse en unos días, una montaña puede explotar y ser lanzada a la estratosfera, convertida en polvo fino, en cuestión de segundos.

El vulcanismo se produce cuando el magma se eleva a través de la corteza terrestre. Por qué se produce, cuándo y dónde fueron cuestiones misteriosas hasta la aparición de la moderna teoría de la tectónica de placas. Ahora sabemos que los «cinturones de fuego» de la Tierra suelen seguir los límites de las placas geológicas. El 90 por 100 de todos los volcanes activos se encuentran bien a lo largo de las líneas de expansión (como en Islandia) o en las zonas de subducción (los Andes, Japón). En las zonas de expansión se forma nueva corteza cuando el magma se eleva desde el manto, mientras que en las zonas de subducción se destruye al ser empujada hacia el manto y refundirse con él. El magma del que se formaron los volcanes de los Andes, por ejemplo, está formado principalmente de corteza «reciclada». Los puntos calientes que originan las cadenas de volcanes cuando la corteza terrestre se desliza sobre ellos siguen constituyendo un enigma científico. Dan la impresión de llevar millones de años en el mismo punto del manto.

La naturaleza del vulcanismo varía según la composición del magma. Determinados volcanes, además de nitrógeno, vapor de agua y azufre gasificado, producen principalmente piedras, «bombas» volcánicas, pequeños «lapilli» y cenizas. Un ejemplo es el Vesubio, que sepultó a Pompeya en el año 79. Es este tipo de volcán el que forma el perfil característico de cono abrupto. Otros volcanes arrojan nubes de gas incandescente, como el Monte Pelée de la Martinica, que mató a 30.000 personas en 1902. La lava muy líquida produce los escudos volcánicos de contornos menos profundos. Otros fenómenos característicos son los domos de lava originados por las introducciones de magma, los geisers y las fumarolas.

Se suelen considerar los volcanes como puramente destructivos. Han causado la muerte de muchos miles de personas y las coladas de lava y las cenizas han tenido consecuencias económicas desastrosas. Durante la erupción del Tambora en Indonesia, en 1815, arrojó tanto polvo a la atmósfera que, al año siguiente, no hubo prácticamente verano. Sin embargo, hay otros aspectos. Se cree que todo el carbono orgánico y todo el agua de nuestro planeta es de origen volcánico; no formaban parte de la atmósfera primigenia, sino que surgieron del manto de la Tierra. Así pues, el vulcanismo puede considerarse como una condición necesaria para la existencia de vida en nuestro planeta.

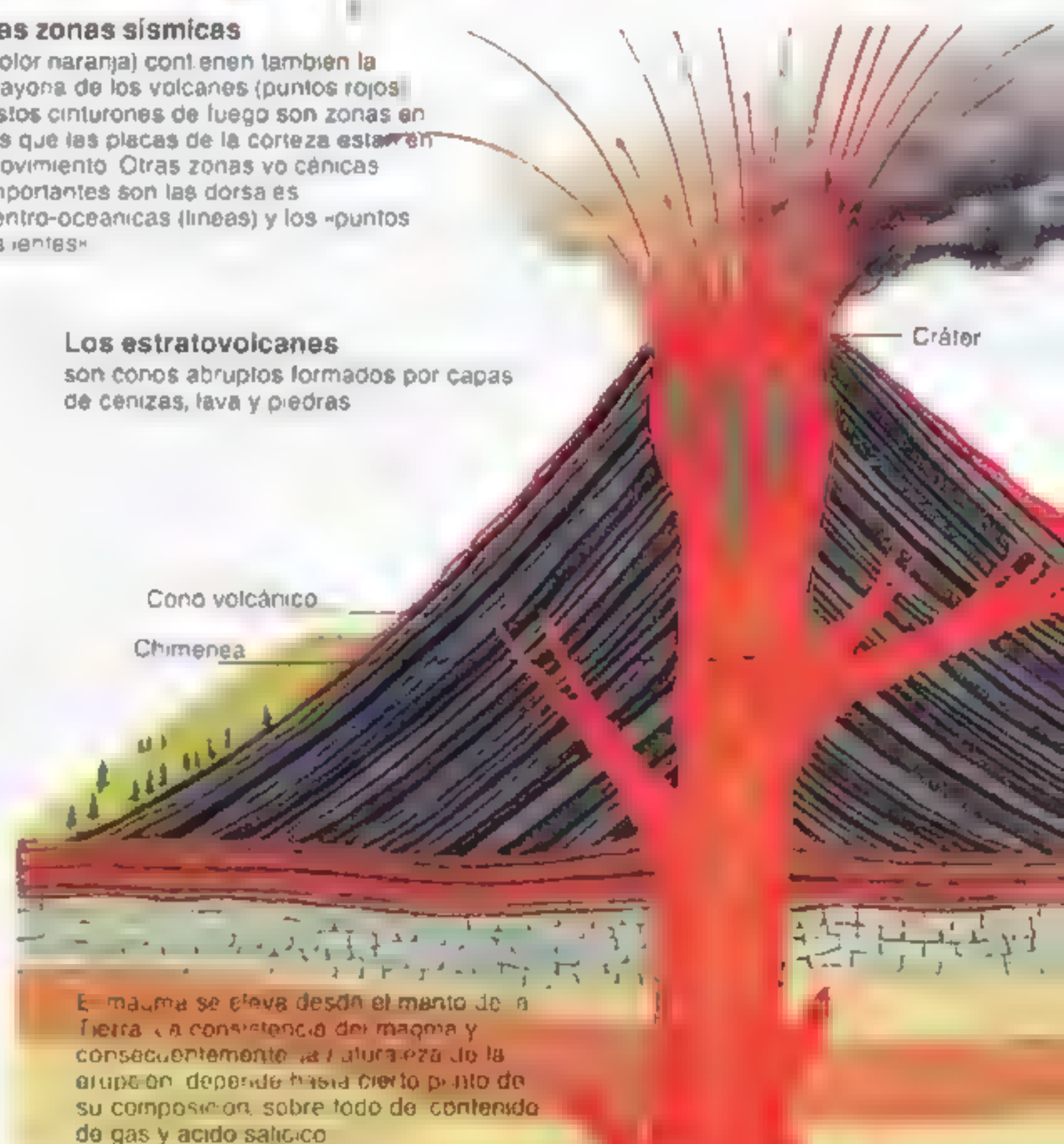


Las zonas sísmicas

(color naranja) contienen también la mayoría de los volcanes (puntos rojos). Estos cinturones de fuego son zonas en las que las placas de la corteza están en movimiento. Otras zonas volcánicas importantes son las dorsales centro-oceánicas (líneas) y los «puntos calientes».

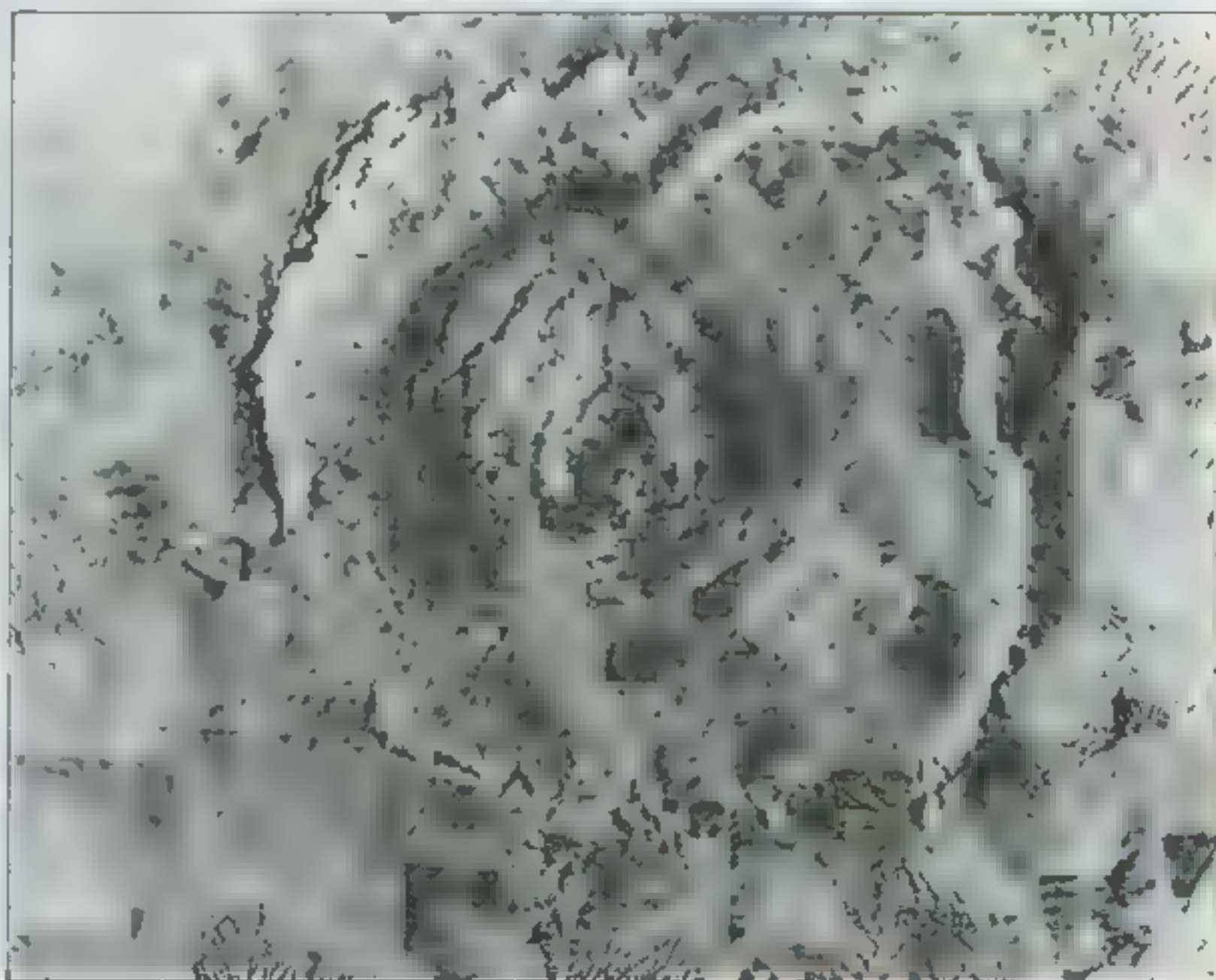
Los estratovolcanes

son conos abruptos formados por capas de cenizas, lava y piedras.



Vulcanismo extraterrestre

El volcán más grande de nuestro sistema solar es el Monte Olimpo de Marte. Es un gigantesco escudo volcánico, con un diámetro de cerca de 600 kilómetros y la cumbre, una caldera, se eleva unos 23.000 metros sobre el desierto circundante. Las laderas en suave pendiente acaban abruptamente en una caída de unos 4.000 metros hasta el suelo. Todo esto se percibe claramente en el mosaico de fotos verticales hechas por una sonda espacial en órbita. También parece darse actividad volcánica en algunos satélites de Júpiter, aunque los cráteres conocidos de nuestra luna y de Mercurio no tienen relación con el vulcanismo. Son cráteres de impacto causados por la caída de meteoritos en el momento de formación de los cuerpos celestes.



Estudio de un caso volcánico: El Monte Saint Helens



El Monte Saint Helens está en el oeste de los Estados Unidos. En la imagen se ve la parte superior de la montaña. En la parte superior de la montaña, la presión se libera. En la parte superior de la montaña, la presión se libera. En la parte superior de la montaña, la presión se libera.



Hayas y árboles muertos en el terreno. En la imagen se ve la parte superior de la montaña. En la parte superior de la montaña, la presión se libera. En la parte superior de la montaña, la presión se libera.

Las fisuras a veces se forman en las montañas, aunque en cráteres laterales.

Los escudos volcánicos

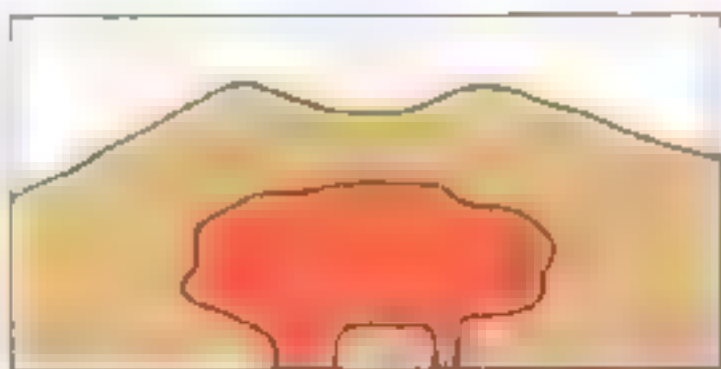
Se forman a partir de lavas fluidas. Las lavas son más fluidas, más pegajosas. Los tipos de lavas que se forman en los escudos volcánicos son más fluidos.

Los geisers

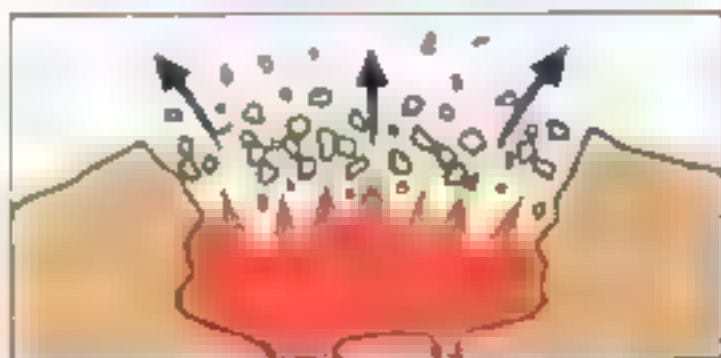
y otras fuentes de agua que surgen. Estas erupciones se producen cuando el agua hierve de manera violenta.

Formación de una caldera

Se forma cuando la cámara de magma se vacía. La cámara de magma se vacía. La cámara de magma se vacía.



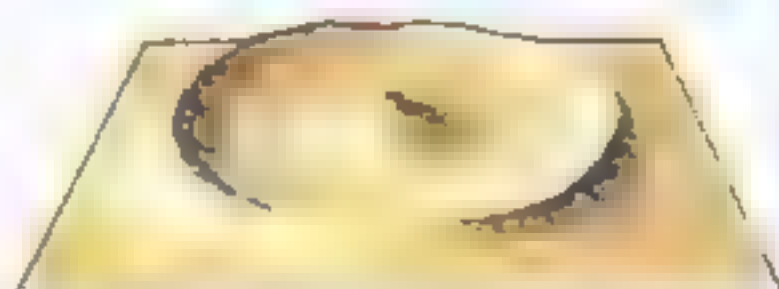
La presión se libera entonces mediante una explosión que destruye la roca situada sobre la cámara. Los materiales más ligeros son arrojados al aire.



pero la mayoría de las rocas pesadas caen a la cámara vacía. La actividad volcánica decreciente puede formar un pequeño cono volcánico en la caldera.



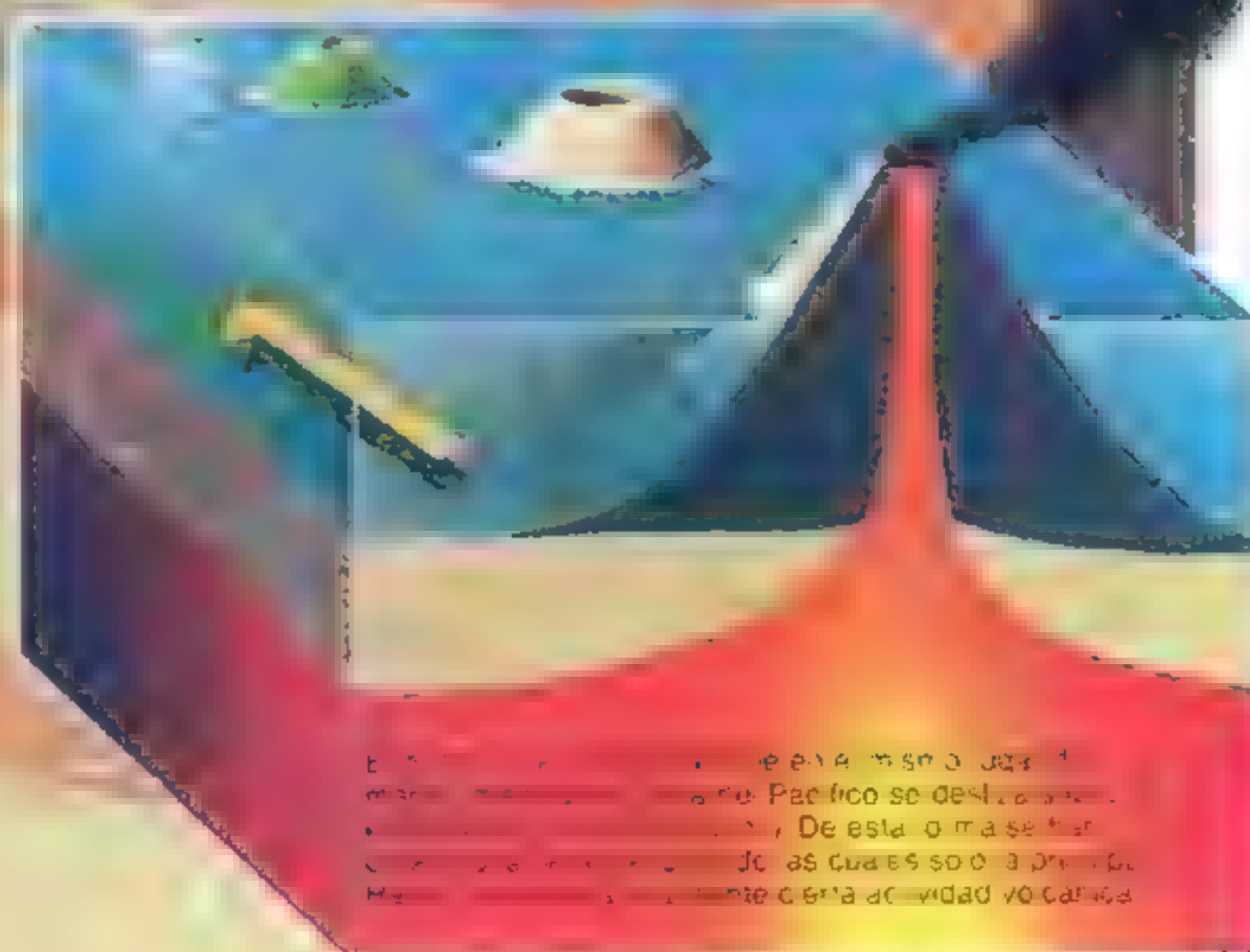
El resultado final es una depresión circular rodeada de un reborde montañoso y a veces con un lago. El diámetro puede ser de 20 o más kilómetros.



El punto caliente de Hawaii



Las islas al noroeste de la isla de Hawaii son escudos volcánicos apagados.



La energía del subsuelo

La sociedad industrial se nutre de los recursos energéticos del subsuelo: carbón y petróleo. Ambos son, en realidad, energía solar fosilizada de épocas geológicas remotas.

La hulla se formó en el Carbonífero, hace unos 300 millones de años. En unas condiciones de presión y calor inmensos, la vegetación muerta se fue transformando gradualmente en el mineral que ahora se extrae. El carbón marrón o lignito tiene un origen algo más reciente. No está transformado de manera tan completa como el carbón negro o de hulla y su contenido energético es menor. El petróleo y el gas natural son también de origen orgánico, aunque en su caso fueron organismos unicelulares los que absorbieron los rayos del Sol durante la Era de los dinosaurios, hace un par de millones de años. No obstante, según otra teoría, parte al menos del gas natural es «gas profundo», hidrocarburos que han existido en el interior de la Tierra desde la formación del planeta y que se han ido filtrando al exterior durante miles de millones de años. Parte de este gas ha quedado atrapado bajo estratos rocosos cerrados de la misma forma que el gas orgánico.

El interés por el carbón y el petróleo surgió por la fácil disponibilidad de los yacimientos de superficie. El combustible fósil se empleó en gran escala por primera vez en la Inglaterra del siglo XVI, donde, a consecuencia de la deforestación, había escasez de leña para las ciudades en desarrollo. Más adelante se empleó el carbón para alimentar los motores de vapor de la revolución industrial. La explotación a gran escala del petróleo comenzó en Estados Unidos en la década de 1850, siendo los productos principales en aquella época el lubricante de ejes y la parafina para lámparas. El petróleo era un derivado sin utilidad alguna. Una pequeña cantidad se vendía como quitamanchas, mientras que el resto se eliminaba quemándolo.

Otro tipo de energía del interior de la Tierra es la geotérmica, el calor de las entrañas de nuestro planeta, heredado de la creación del sistema solar hace 5.000 millones de años. El calor se ha generado por la desintegración de los elementos radiactivos que se juntaron en el núcleo de la Tierra durante la formación del planeta.



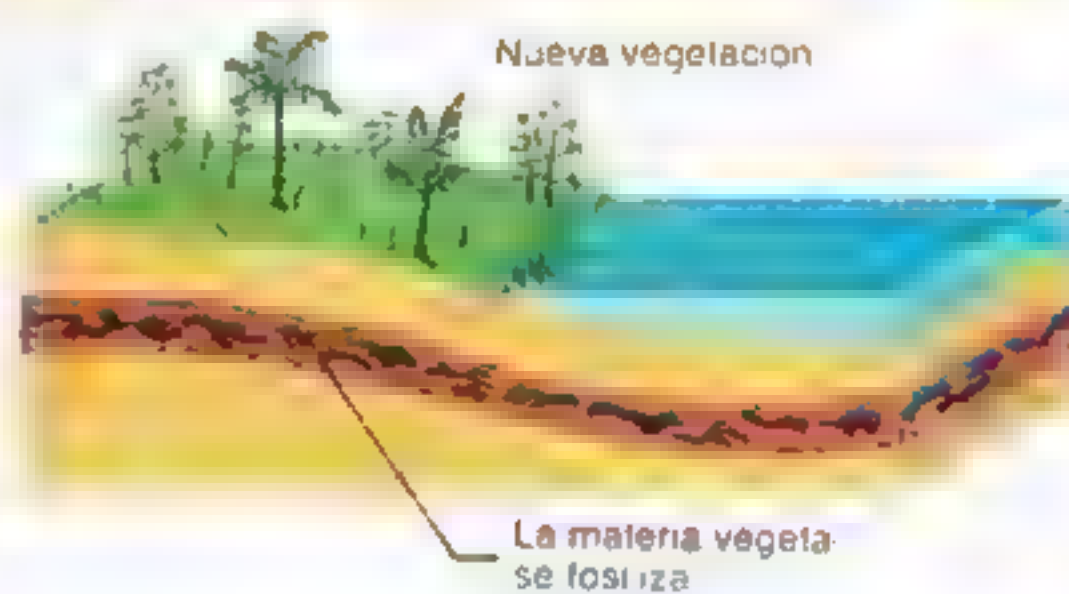
Formación de un yacimiento de carbón



En el Carbonífero había grandes extensiones de bosques pantanosos. El nivel de las aguas variaba de una época a otra.



y cuando se elevaba moría la vegetación. Si la vegetación muerta estaba cubierta de tal forma que no le llegaba el oxígeno, no se desintegraba, sino que formaba una capa orgánica en el suelo.



Con el tiempo esta capa se transformaba en una veta de carbón. En el suelo situado sobre la veta surgía un nuevo bosque pantanoso, que se convertiría en otra veta de carbón.

La materia vegetal se fosiliza

El carbón en el mundo

Estados Unidos, Europa Occidental, la Unión Soviética, China y Australia son los principales productores.



Cisternas de agua caliente

Planta de energía térmica

Torre de perforación

Tubería de conducción

La energía geotérmica

Donde el agua penetra en la roca caliente se genera vapor y agua caliente, que pueden extraerse mediante una perforación. También se puede bombear agua fría por un agujero y extraerse caliente por otro. Estas perforaciones suelen tener una profundidad de 100 a 300 metros.

El agua penetra por la roca

El agua se calienta

Roca caliente

Minerales

El carbón se encuentra en vetas

que a veces pueden ser poco profundas. Muchas minas se han hecho muy profundas con el tiempo. La minería a cielo abierto resulta más rentable. Sin embargo, esta «minería por franjas» destroza grandes áreas de terreno.

Entrada de la mina

Carbón extraído

Mina a cielo abierto

Galera

Veta de carbón

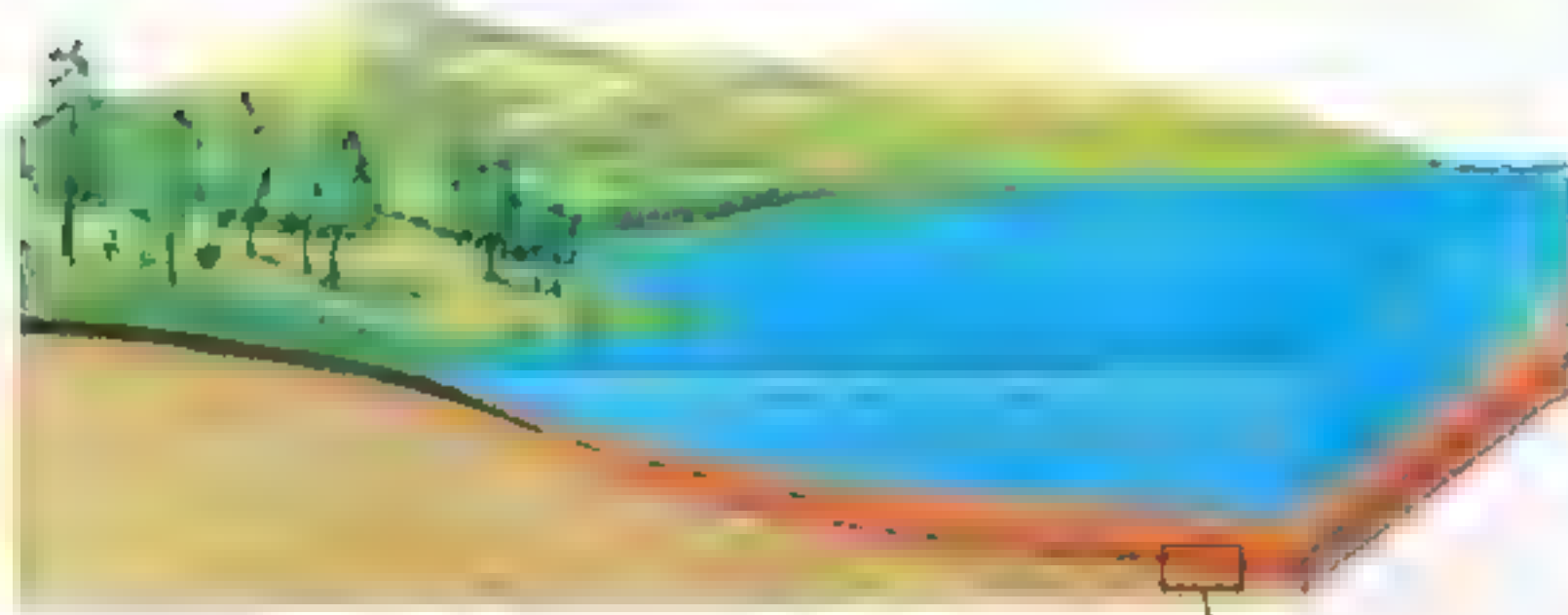
Agua estada

Formación del petróleo



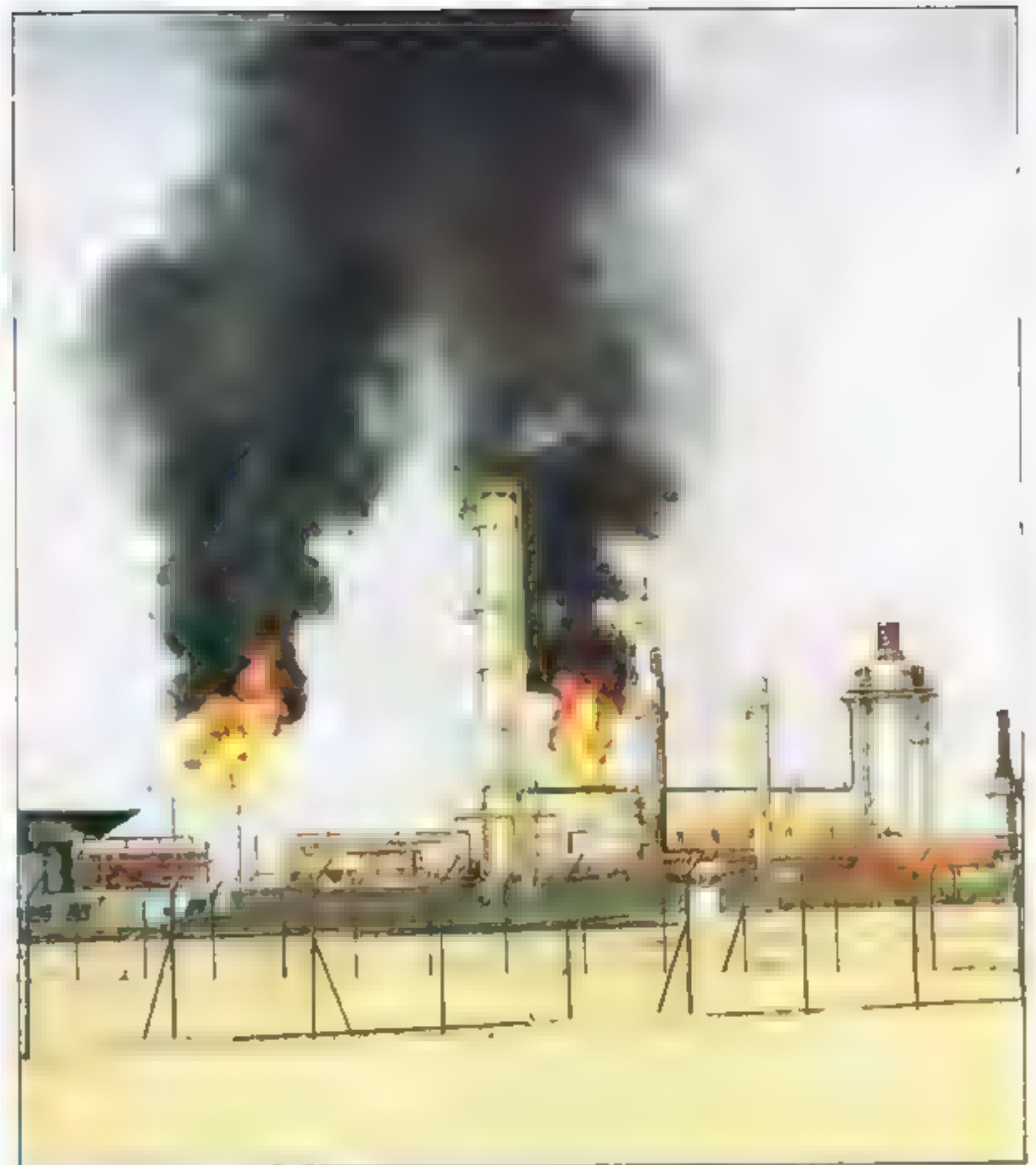
Del cieno del fondo marino

En lagos, aguas poco profundas proliferan multitud de diminutos organismos acuáticos. Al morir caen al fondo formando una capa de cieno rica en materia orgánica. Puede que a veces dinosaurios sufrieran la misma suerte aunque no fueron los que más aportaron al proceso.



...al petróleo

El agua del fondo, pobre en oxígeno, protegía a los hidrocarburos de los organismos muertos de la desintegración. La presión y el calor convirtieron los hidrocarburos sencillos en las grandes moléculas de petróleo. Así se formaron las areniscas ricas en petróleo, las pizarras bituminosas y las arenas a quitanadas.

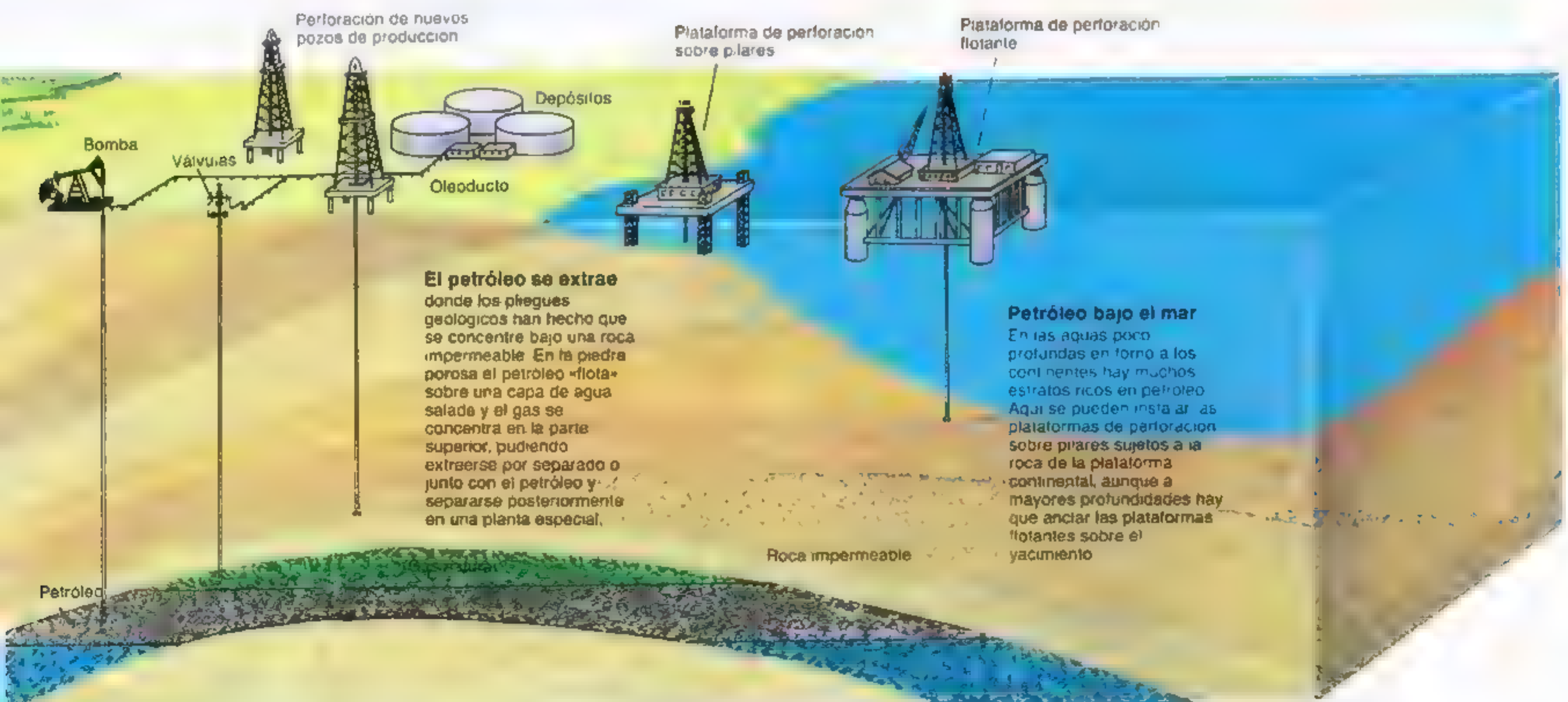


Bajo la desolada superficie del desierto se ocultan inmensas fuentes de energía.



El petróleo en el mundo

se suele encontrar lejos de donde mayor es la demanda. Se siguen buscando nuevas reservas y el aumento de los precios ha hecho rentable la extracción de petróleo de las plataformas continentales y del Ártico.



El petróleo se extrae donde los pliegues geológicos han hecho que se concentre bajo una roca impermeable. En la piedra porosa el petróleo «flota» sobre una capa de agua salada y el gas se concentra en la parte superior, pudiendo extraerse por separado o junto con el petróleo y separarse posteriormente en una planta especial.

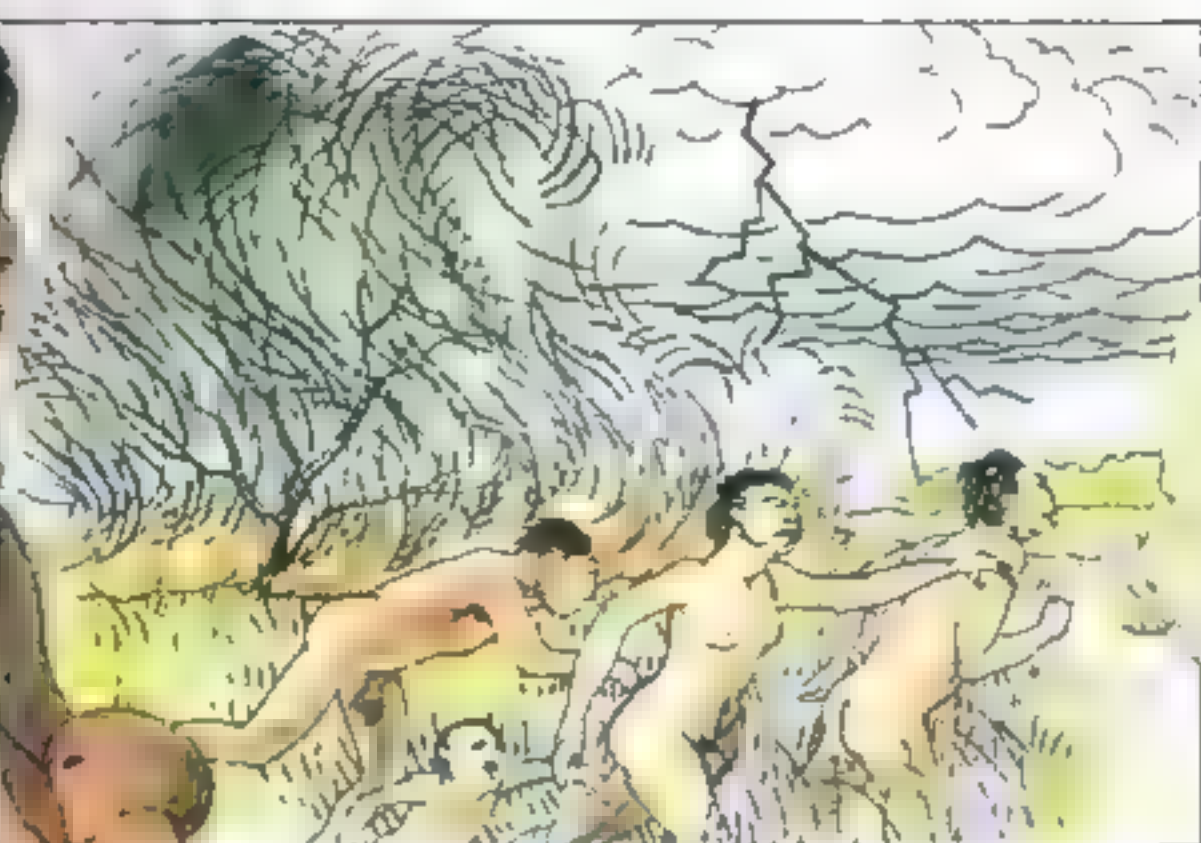
Petróleo bajo el mar

En las aguas poco profundas en torno a los continentes hay muchos estratos ricos en petróleo. Aquí se pueden instalar las plataformas de perforación sobre pilares sujetos a la roca de la plataforma continental, aunque a mayores profundidades hay que anclar las plataformas flotantes sobre el yacimiento.

El fuego, al servicio del hombre



El Homo erectus, la especie antecesora del hombre moderno, comenzó a emplear el fuego hace ya un millón de años



El fuego destructor

Para nuestros primeros antepasados el fuego era un elemento devastador que conocían únicamente por los incendios de las praderas causados por los rayos. Hombres y animales huían por igual ante estos grandes incendios.

Portadores de fuego

Mucho tiempo después de que el hombre hubiere aprendido a emplear el fuego, seguía sin tener la técnica necesaria para encenderlo. Tenía, pues, que llevar el fuego consigo en sus desplazamientos. Entre los pueblos más primitivos les ha correspondido tradicionalmente a las mujeres la tarea de mantener encendido el fuego.

El dominio del fuego

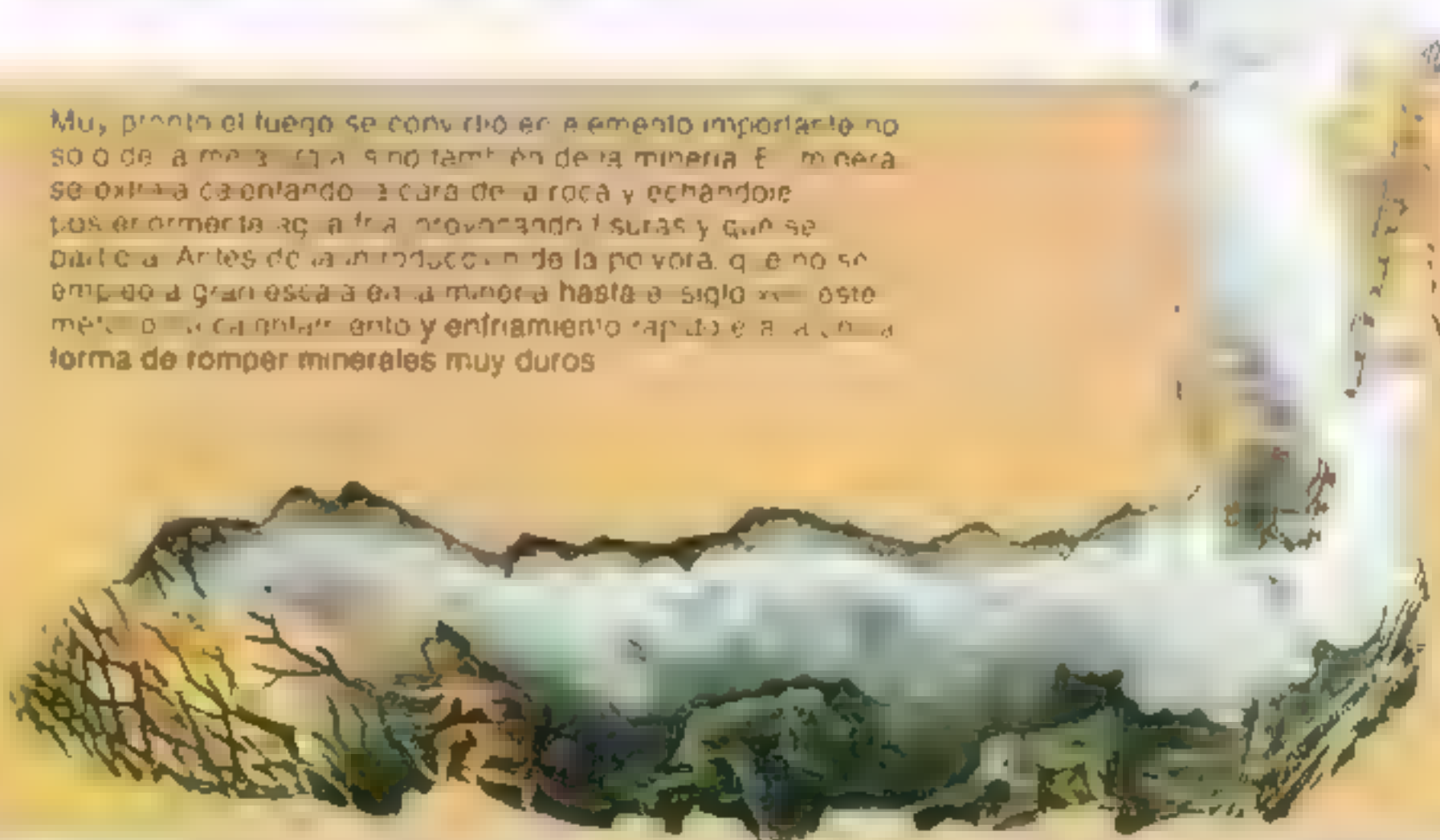


Encender un fuego

sin cerillas sería imposible actualmente para la mayoría de la gente. Una técnica primitiva era el arado de fuego: se frotaba un trozo de madera hacia adelante y hacia atrás dentro de una entalladura de otro trozo de madera, hasta que el calor de la fricción producía el encendido. El berbiqui de arco era una variación del primitivo método mecánico, en el que la cuerda hacía girar una barra de madera. La obtención de chispas golpeando pedernal y acero fue una técnica muy posterior. Independientemente del método empleado, un detalle esencial era la existencia de una materia fácilmente inflamable que encender mediante el calor o las chispas.

El fuego descende bajo tierra

Muy pronto el fuego se convirtió en elemento importante no sólo de la vida diaria sino también de la minería. El mineral se extraía calentándolo a cara de la roca y echándole agua, formando vapor que se condensaba y caía en un recipiente. Antes de la introducción de la pólvora, que no se empleó a gran escala en la minería hasta el siglo XVIII, este método de calentamiento y enfriamiento rápido era la única forma de romper minerales muy duros.



Si se le pide a un químico que defina el fuego, probablemente responderá que es una reacción de oxidación exotérmica. Si se calientan ciertos compuestos de carbono o hidrógeno hasta la temperatura necesaria, se combinarán con el oxígeno del aire (oxidación). Este proceso desprende grandes cantidades de calor (es exotérmico), tanto que calienta el resto del combustible lo suficiente para que la oxidación continúe y se extienda. El fuego, en otras palabras, es una reacción química en cadena.

En las praderas en las que evolucionó el hombre primitivo, el fuego desempeñó un papel importante como regenerador periódico de la vegetación. Cuando nuestros antepasados empezaron a emplear el fuego para sus propios fines, hace entre 1.500.000 y 500.000 años, probablemente lo emplearon para levantar las presas en sus cacerías organizadas. Mucho después, en torno al año 7000 a. de C., el hombre neolítico comenzó a emplearlo regularmente como fuente de calor y de luz, y como forma de mantener alejados a los predadores nocturnos. Y aún mucho después el hombre aprendió a emplear el calor del fuego para cocinar su alimento. El fuego se convirtió probablemente en una necesidad al pasar de las cálidas llanuras de África a regiones más frías e inhóspitas.

El primitivo hogar rudimentario, un círculo de piedras, fue

construyéndose a mayor altura. Pronto se dio el paso siguiente, al horno y al horno del alfarero, que se convirtió en el primitivo horno de fundición de los primeros metalúrgicos. El horno cerrado permitía controlar procesos sencillos de oxidación y de reducción. Posteriormente, la evolución se estacionó hasta alrededor del siglo XV, cuando el horno bajo de fundición fue sustituido por el alto, con un aumento de economía en combustible y una mejor regulación del proceso.

En Alejandría, los inventores griegos ya habían concebido la idea de convertir el calor en energía cinética. Este concepto fue retomado a finales del siglo XVII, cuando las minas europeas eran ya tan profundas que era imposible la extracción manual. Los primeros motores de vapor se construyeron para mover las bombas de las minas y eran del tipo atmosférico. El vapor se inyectaba en el cilindro cuando el pistón estaba en su posición exterior. Luego se añadía el agua, y el proceso de enfriamiento creaba un vacío que hacía que el pistón se moviera hacia el interior. La cadencia del pistón era de un golpe por minuto y las máquinas tenían que ser enormes para alcanzar la energía necesaria.

James Watt cambió la situación. En 1769 introdujo un condensador en el motor de vapor. Esto mejoró la economía de combusti-

Para producir el carbón para los hornos de fundición se empleaban grandes cantidades de madera



Primitiva elaboración del hierro

Durante miles de años se fundió el hierro en hornos bajos en forma de colmena. Se llenaban con capas alternas de mineral de hierro y carbón de coque. Cuando este se había quemado dejaba en el fondo una especie de torta esponjosa de hierro. El proceso tenía variaciones locales. Hornos de este tipo se han estado empleando en África hasta el presente siglo.



Un fuelle, manual o de viento, aumentaba la temperatura del horno hasta el punto de fundición de hierro: 1528°C



Las impurezas se eliminaban golpeando el hierro incandescente con un martillo.

Transformación del calor



La primitiva tecnología del calor

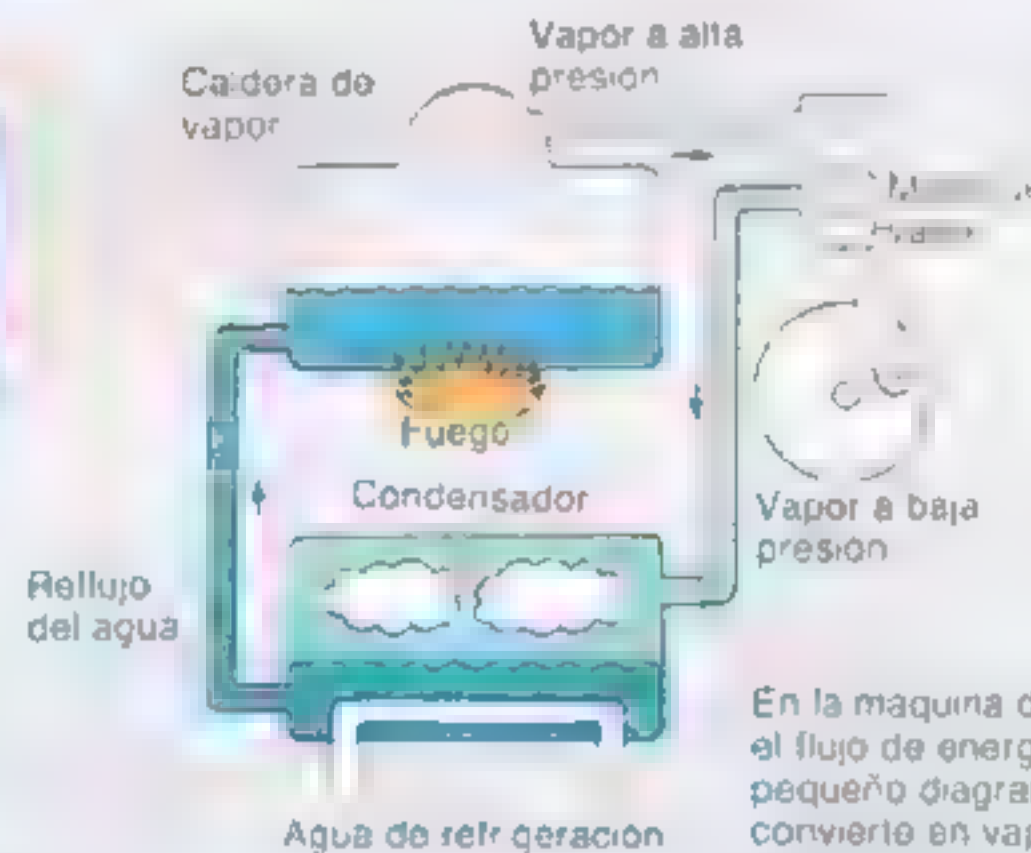
La metalurgia de los pueblos antiguos formó parte de una evolución que se desarrolló a lo largo de miles de años. El fundidor de bronce adoptó el horno del alfarero, y cuando se le añadió el fuelle pudo emplearse este horno para la fundición del hierro. El horno sencillo podía además emplearse para la fabricación de cristal (arriba: sopador de cristal oriental).

Fuego y movimiento



Energía en movimiento

Según las leyes termodinámicas el calor solo puede pasar de un medio con una temperatura más elevada a otro con una temperatura inferior (flecha). En su recorrido puede conseguirse que esta energía calórica efectúe un trabajo proporcional al descenso de temperatura. A manera de símil, el agua que cae de un nivel superior a otro inferior puede emplearse para mover una turbina, con la correspondiente pérdida de energía.



James Watt

no inventó la máquina de vapor, pero sí inventó el condensador que mejoró la eficacia del motor convirtiéndolo en una fuente de energía económica para la industria. Esto supuso que las fábricas no dependieran ya únicamente de la rueda hidráulica.



En la máquina de vapor (arriba izquierda) el flujo de energía es semejante al del pequeño diagrama (izquierda). El agua se convierte en vapor mediante su calentamiento en la caldera, y luego se entra en el condensador. Entre medias, el vapor hace moverse al cilindro del motor. Este principio es el mismo en centrales de energía nuclear, en turbinas y en motores sencillos de movimiento alternativo.

ble y la cadencia de golpes. Introdujo la biela que convertía el movimiento del pistón en un movimiento rotatorio, así como el regulador que controlaba la cadencia. Watt era un industrial autodidacta, constructor de fábricas y de instrumentos, e inventó el condensador por pura intuición. El análisis científico del invento lo realizó el francés Sadi Carnot en 1824, fundando así la termodinámica, la ciencia de la transformación de la energía.

A menudo se ha malinterpretado el papel del vapor en la industrialización de Europa. El vapor no creó la industrialización, ya existían la industria y las máquinas antes de Watt. Medio siglo después de la primera patente de Watt, la rueda hidráulica seguía utilizándose como fuente de energía en la industria británica, la más avanzada del mundo en aquella época. No obstante, el motor de vapor liberó a la industria de las limitaciones de la energía hidráulica en cuanto al emplazamiento y al volumen de la fábrica.

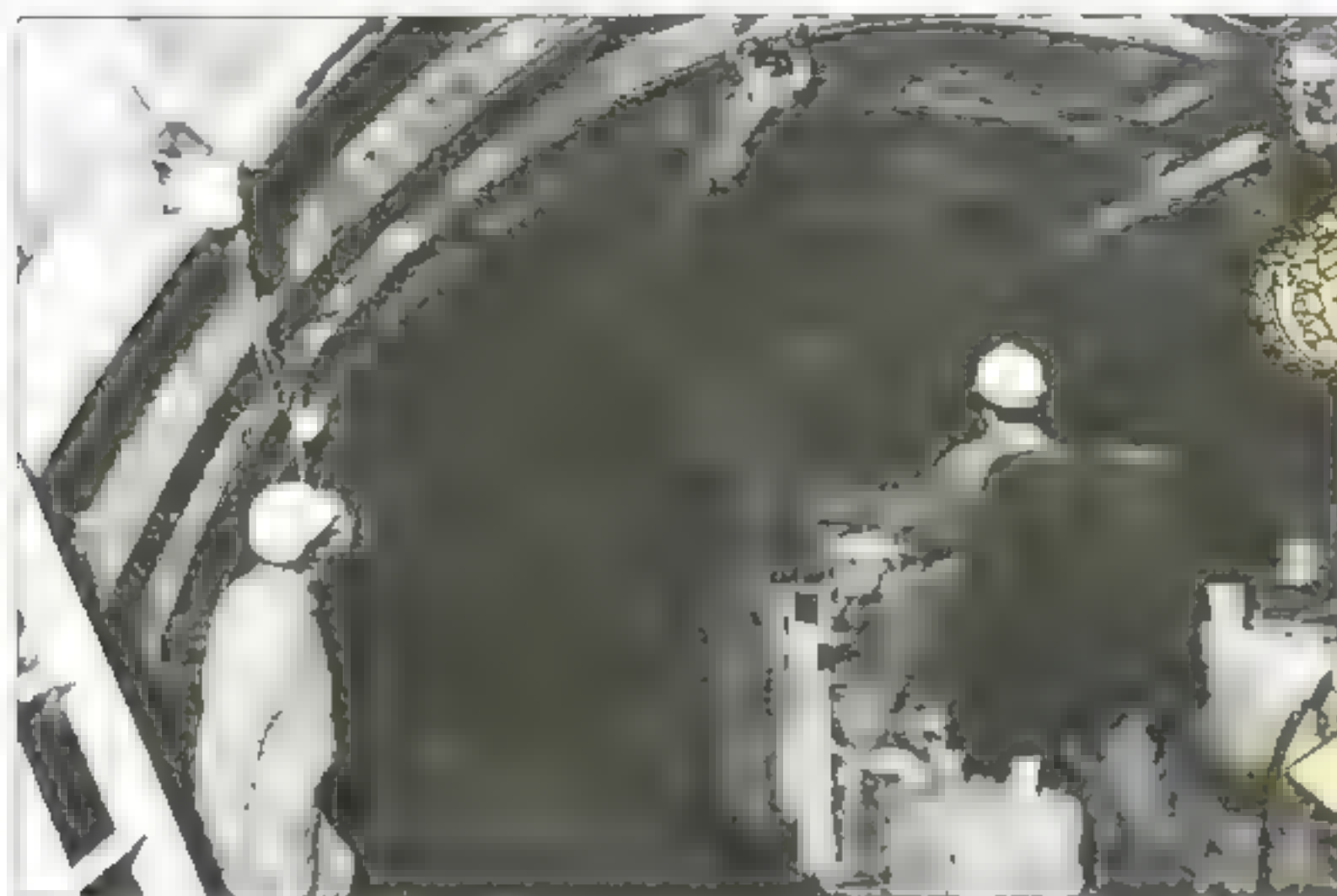
Fue en el terreno del transporte donde se dio la verdadera revolución. Los barcos de vapor abrieron el valle del Mississippi, las locomotoras de vapor abrieron el oeste de Estados Unidos y Siberia al comercio internacional y al desarrollo económico. El vapor contribuyó a transportar los productos de los países industrializados por todo el mundo y a traer las materias primas a estos mismos países. El desarrollo del vapor marcó la llegada del mundo moderno.



Las fábricas del siglo XIX

funcionaban con motores de vapor distribuyendo la energía a las diferentes máquinas mediante un laberinto de ejes y correas. La producción aumentó, aunque también se centralizó más, ya que el artesano individual no podía permitirse tener su propio motor de vapor. Las numerosas correas al descubierto hacían que las condiciones de trabajo fueran muy peligrosas.

El aprovechamiento de la energía



Dientes cortantes

Alimentación de los hornos

La minería del carbón ha sido siempre uno de los trabajos más arduos y peligrosos, y en la actualidad se están haciendo grandes esfuerzos para mejorar las condiciones de trabajo. La fotografía muestra una mina de carbón mecanizada en Gran Bretaña. La máquina del dibujo corta el carbón directamente de la cara. Una gran parte del agotador trabajo del minero se está mecanizando, aunque las condiciones de las minas de carbón serán siempre difíciles.

Descarga

Control hidráulico

Banda de oruga

Cinta transportadora

Brazo de alimentación

El aprovechamiento de la energía desde 1800

El uso de la energía por el hombre ha aumentado espectacularmente siempre que ha adoptado nuevas técnicas energéticas. La tecnología de la energía en los dos últimos siglos ha avanzado paso a paso: máquina de vapor, nacimiento de la industria petrolífera, tecnología eléctrica, motor de combustión interna y los avances tecnológicos más recientes. Toda innovación ha creado nuevos campos de aprovechamiento de la energía, aumentando así su consumo.

1804

La máquina de vapor convirtió al carbón en fuerza motriz de la industria. La locomotora de vapor revolucionó el transporte.



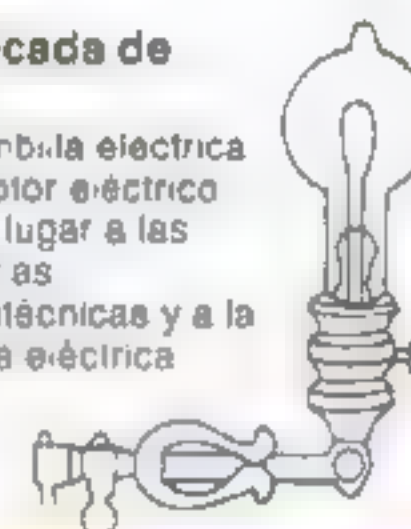
La década de 1850

La lámpara de parafina creó un mercado para la incipiente industria petrolífera.



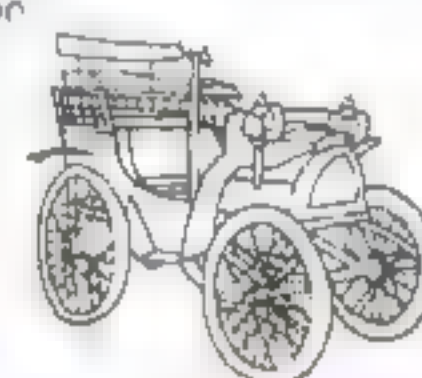
La década de 1890

La bombilla eléctrica y el motor eléctrico dieron lugar a las industrias electrotécnicas y a la energía eléctrica.



El motor eléctrico y el motor de combustión interna

Fueron las innovaciones más importantes entre 1890 y 1900. El motor eléctrico y la dinamo permitieron la amplia distribución de la energía eléctrica y sustituyeron rápidamente al pesado motor de vapor como fuente de energía en la industria. El motor de combustión interna condujo directamente al automóvil y al avión. Esta nueva tecnología dio lugar a lo que se ha denominado «segunda revolución industrial».



El Sol es la principal fuente de energía de nuestro sistema planetario. Su superficie irradia al espacio una radiación electromagnética de una magnitud casi inconmensurable, que puede calcularse en 4×10^{23} kilovatios, es decir, un cuatro seguido de 23 ceros. De esta enorme producción, la Tierra recoge unos 127.500 miles de millones de kilovatios en el lado con luz o 1 kW/m^2 . Esta energía recorre la atmósfera y la hidrosfera antes de regresar al espacio. Todos los procesos vitales se mantienen por la energía que los organismos retienen de este flujo para emplearla en su propio metabolismo y en su medio de vida.

Esto sirve también para el hombre. Nuestros primeros antepasados no disponían de más energía que su fuerza muscular. Se dieron dos grandes pasos cuando el hombre dominó el fuego hace un millón de años y cuando aprendió a aprovechar la fuerza de los animales de tiro durante la revolución agrícola de hace unos 8.000 años. Pero el principio permaneció inalterado. La madera con la que el hombre alimenta sus fuegos y el forraje que alimenta a sus animales eran energía solar reconstituída, como todos los alimentos que él mismo consume.

La situación cambió espectacularmente cuando el hombre empezó a emplear combustibles fósiles, carbón y petróleo. A partir de entonces se pudieron emplear grandes cantidades de energía en el transporte, la industria y la agricultura, lo cual preparó el camino para un continuo aumento de la producción. Parecía que se habían superado todas las limitaciones naturales. Este optimismo energético llegó a su culmen con el desarrollo de la energía nuclear, que prometía a la humanidad una energía casi gratuita en cantidades ilimitadas.

Ahora, sin embargo, nos estamos dando cuenta de que nuestros recursos energéticos no son inagotables, que su explotación es

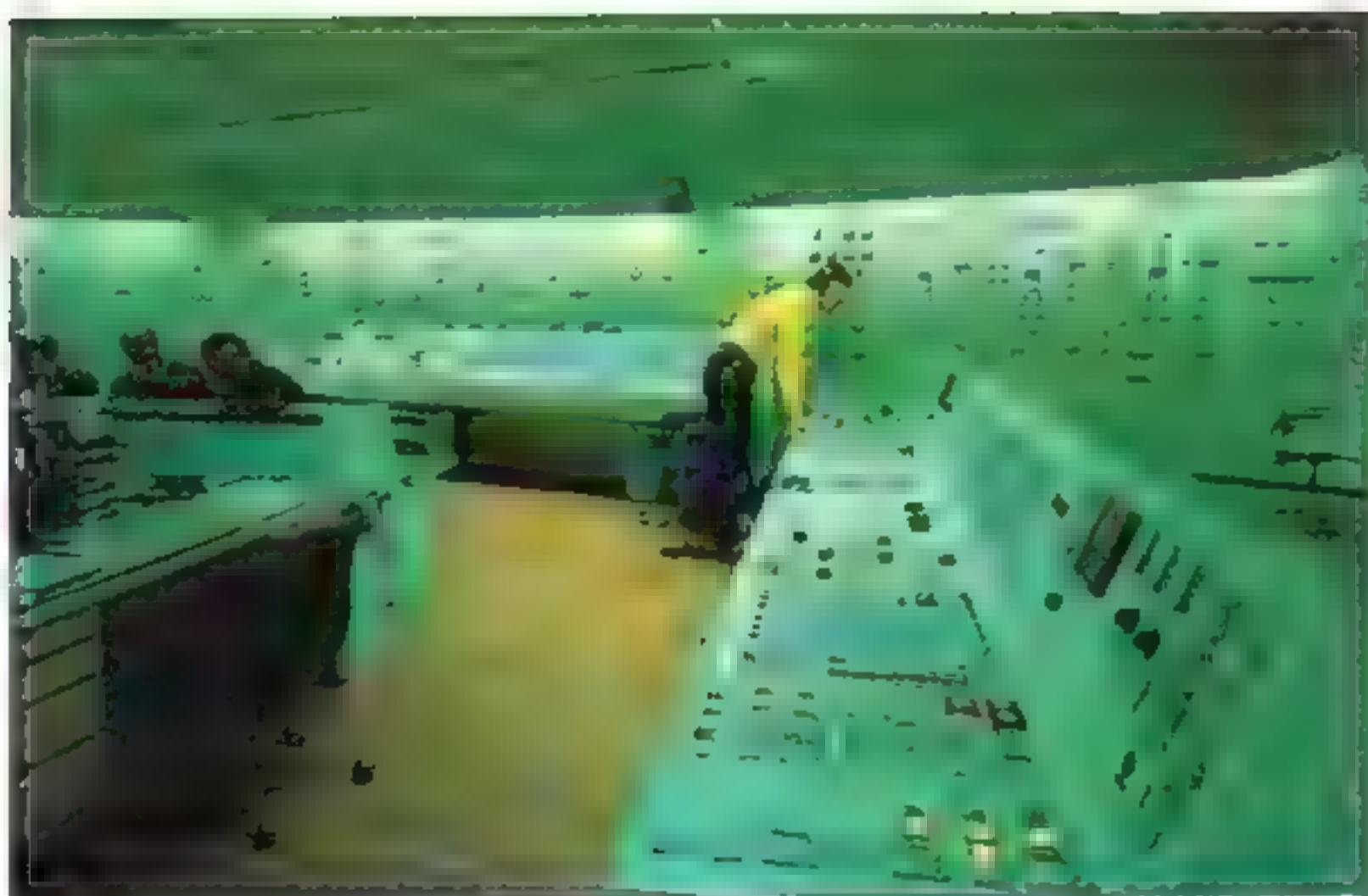
costosa y que tal explotación es, en última instancia, perjudicial para el medio ambiente.

Las leyes de la termodinámica indican que la energía es indestructible. La energía no puede ni crearse ni destruirse, simplemente aprovecharse mediante su transformación. La corriente eléctrica de un enchufe de pared puede suponer sólo el 40 por 100 de la energía del petróleo, uranio o agua corriente empleada para el funcionamiento de los generadores de la central eléctrica. La luz de una bombilla eléctrica representa una décima parte de su potencia, es decir, diez vatios de 100. ¿Qué sucede con el resto y dónde va la luz cuando se apaga la lámpara? Toda esta energía, incluyendo la energía luminosa, se convierte en calor de bajo grado, que escapa hacia el espacio en forma de radiaciones infrarrojas de onda larga.

Las radiaciones de un cuerpo son proporcionales a su temperatura. La temperatura de la Tierra se ha estabilizado en un punto en el que la radiación incidente y la reflectada se equilibran exactamente. El calor que emana de los combustibles fósiles y de las reacciones nucleares no procede del Sol. Es calor adicional, contaminación térmica, que aumenta la temperatura de la atmósfera. En consecuencia, la temperatura media de la Tierra debe aumentar para mantener el equilibrio de radiación. Hasta ahora esta alteración térmica del medio se ha notado únicamente a niveles locales, cuando los desechos de torres y agua de refrigeración han afectado al microclima en el entorno próximo. Lo anteriormente descrito muestra que la producción de energía tiene unos límites. La vía para una mayor prosperidad no es ya un aumento de la producción de energía, sino unos procesos de producción y unos estilos de vida más económicos energéticamente y menos destructores del medio ambiente.

La década de 1950

Se inició el desarrollo de la energía nuclear comercial. La disponibilidad limitada de energía barata seguía considerándose la clave de todo tipo de progreso técnico y económico. La tecnología de esta energía nuclear «pacífica» procedía de los programas militares de armamento nuclear.



¿Energía limpia?

El tratamiento del combustible y la distribución de la energía se realiza en condiciones mucho más terribles de las existentes bajo el suelo. La fotografía muestra la sala de control de una central nuclear. La sala de control de una central térmica de carbón tiene un aspecto parecido, aunque los cuadros de mandos tengan un aspecto menos impresionante. A pesar de la limpieza de la sala de control de la central, las amenazas al medio ambiente existen. Toda conversión técnica de energía, incluso el uso del fuego doméstico, produce daños ambientales de algún tipo. Los grandes sistemas de energía son muy eficaces, pero pueden averiarse. Una avería importante puede dejar prácticamente paralizada toda una región.

Una comunidad saturada de energía

Durante las décadas de 1950 y 1960, el consumo de energía aumentó vertiginosamente en los países industriales, doblandose cada cinco años en algunos casos. Este aumento no se debió tanto a la energía nuclear como a la expansión de las redes de energía eléctrica y a los sistemas de gasoductos a escala continental. Durante los años 70 el consumo de energía se estancó, debido en parte a la necesidad de ahorrar petróleo y a una reducción general de la expansión económica. Los países industriales predicen ahora el estancamiento de su consumo de energía al tiempo que siguen aumentando las necesidades del Tercer Mundo.

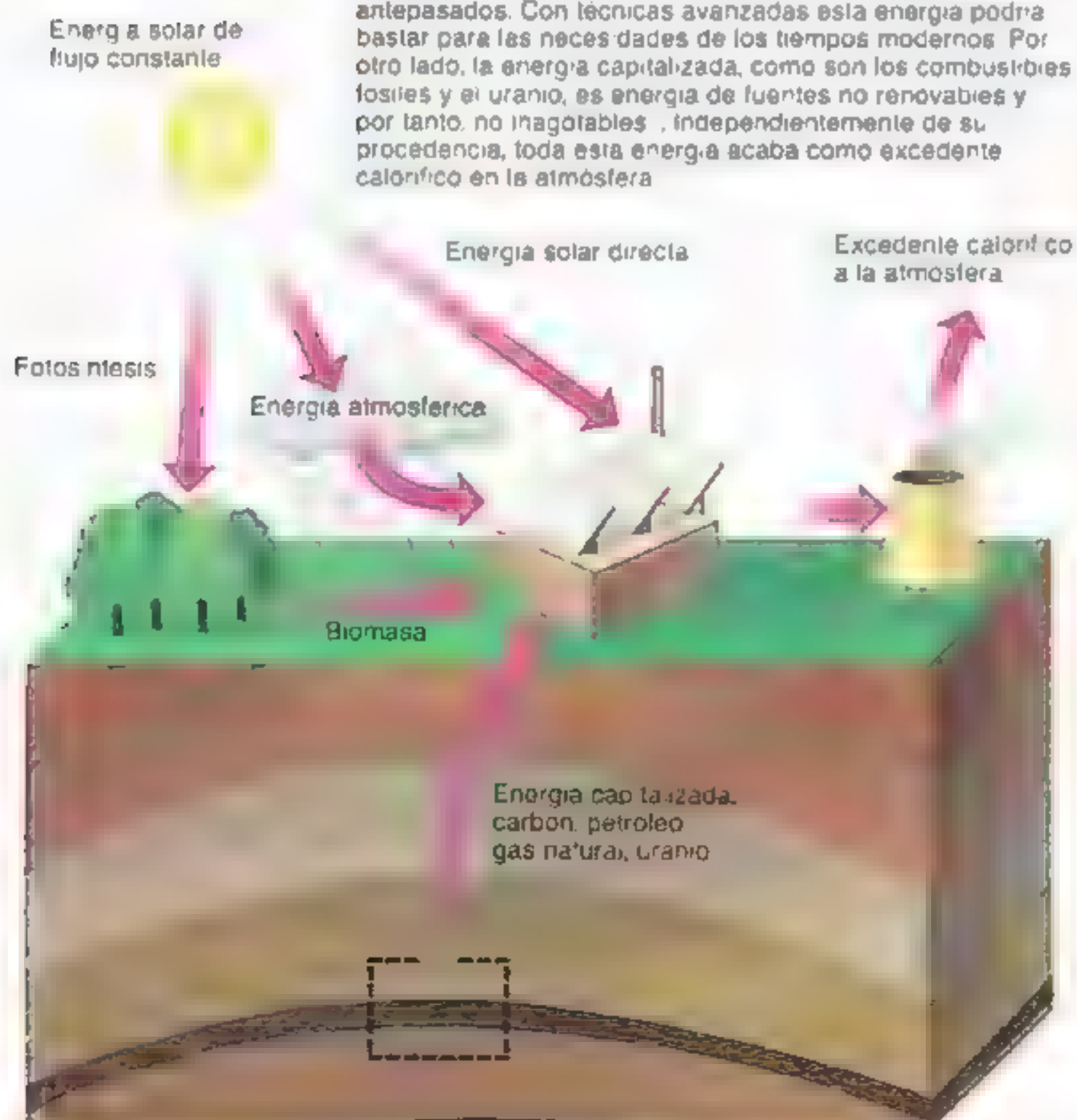
El hombre y la escalera energética

El «homo sapiens» y sus antecesores han estado siempre situados en algún punto de la «escalera energética», aunque entre un escalón y otro hay millones de años. El fuego y la utilización de bestias de carga, como bueyes, burros y caballos, fueron los avances más importantes hasta la llegada de la industrialización. Entre estos grandes cambios el consumo de energía per cápita se mantuvo a niveles relativamente estables.



Energía renovable frente a energía no renovable

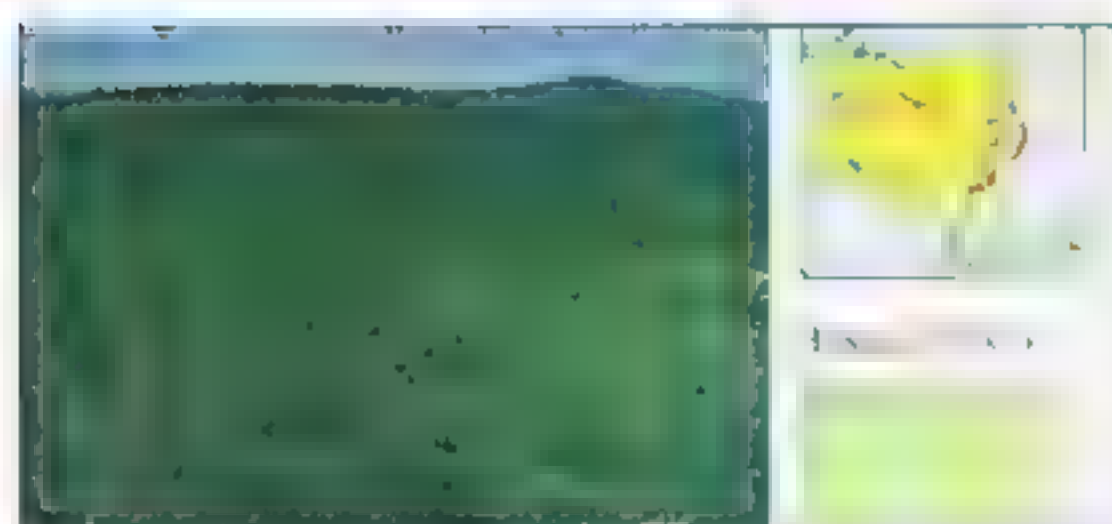
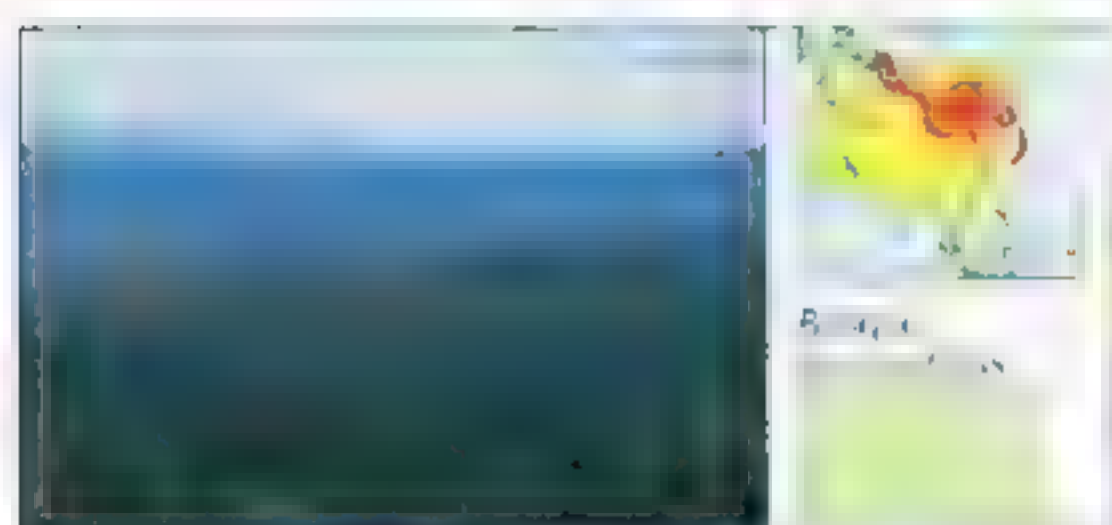
El empleo de fuentes de energía renovable supone la captación de la energía solar a su paso por la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera, tal como hicieron nuestros antepasados. Con técnicas avanzadas esta energía podrá bastar para las necesidades de los tiempos modernos. Por otro lado, la energía capitalizada, como son los combustibles fósiles y el uranio, es energía de fuentes no renovables y por tanto, no inagotables. Independientemente de su procedencia, toda esta energía acaba como excedente calorífico en la atmósfera.



Sociedades energéticamente pobres

Los recursos energéticos están distribuidos desigualmente. Los países industrializados emplean el 90 por 100 de toda la energía disponible, mientras que la mayor parte de los habitantes de los países en desarrollo tienen que conformarse con la «energía de subsistencia» que encuentren. Su búsqueda de combustible (abajo) ocupa una cantidad enorme de tiempo y trabajo, y causa con frecuencia graves daños a la vegetación.



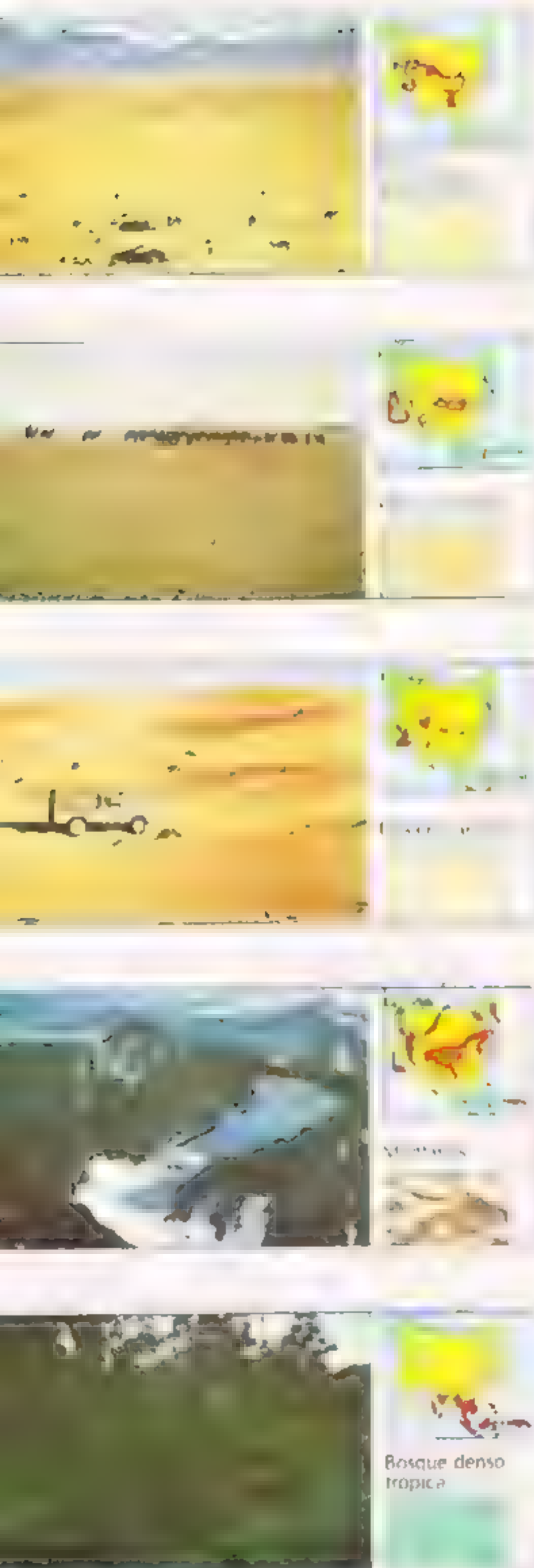


El Mundo en mapas

Un mapa es una representación de la superficie de la Tierra, aunque por ser abstracto, carece del realismo de la fotografía aérea; las montañas, los ríos, los mares y las ciudades han de ser indicados mediante signos y colores convencionales. Ha sido necesario clasificar y ordenar la infinita variedad de la superficie de la Tierra para poder representarla de una manera fácilmente comprensible. En el pasado, la cartografía ha adolecido quizás de excesiva abstracción; muchos lectores recordarán los antiguos atlas escolares en los que el desierto del Sahara, próximo al nivel del mar, aparecía en un verde exuberante, mientras que la rica vegetación de las tierras altas africanas se representaba en marrón oscuro; el mapa no indicaba las características específicas del paisaje, con sus bosques y prados, sus desiertos y sus llanuras cultivadas.

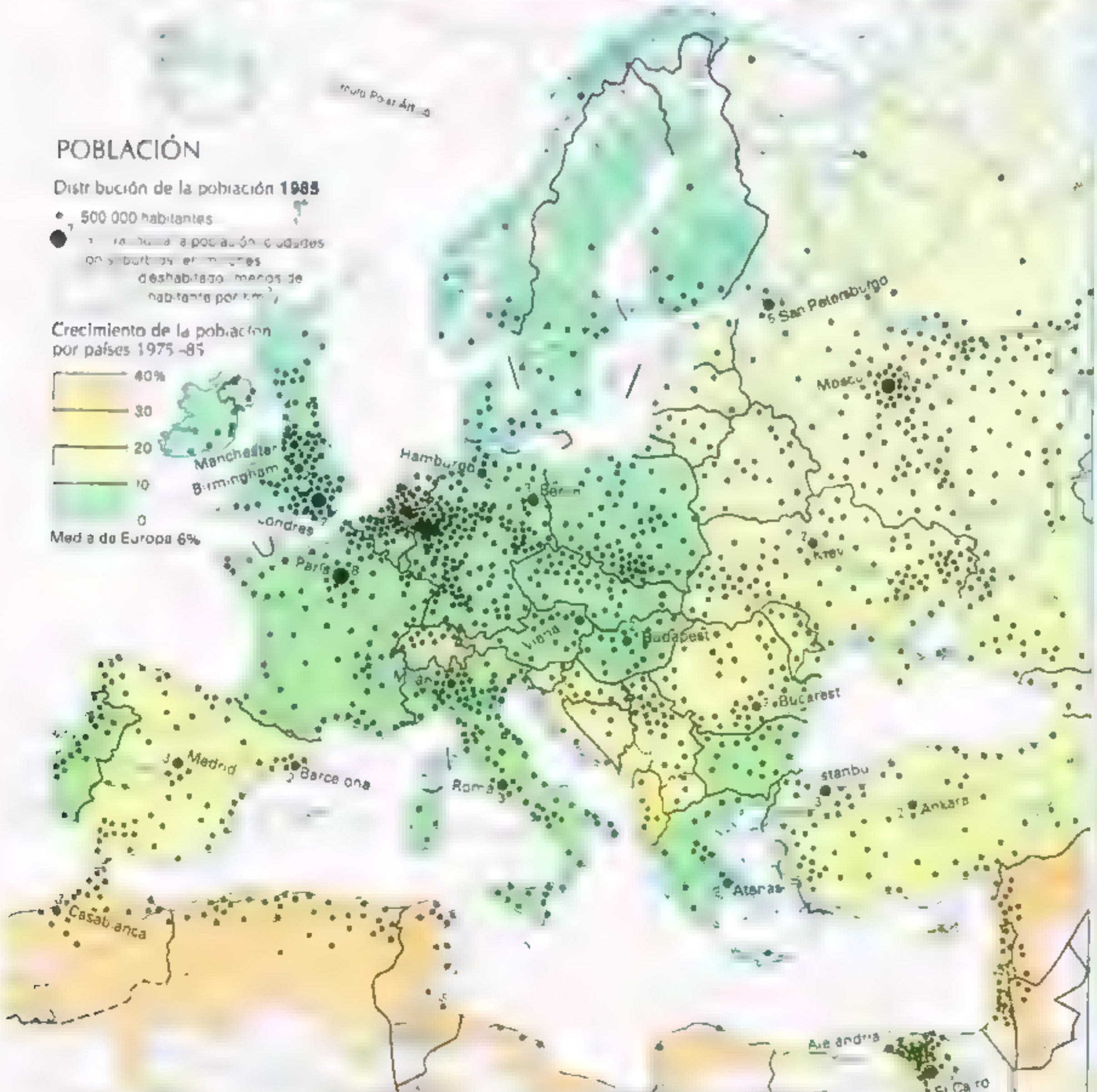
Las imágenes captadas por los satélites y las fotografías de la Tierra tomadas desde el espacio han inspirado una nueva era en cartografía. Los mapas del medio geográfico de este atlas acercan la representación de la superficie de la tierra a la realidad. Las antiguas y esquemáticas curvas de nivel han sido sustituidas por efectos plásticos de relieve y colores más próximos a los del mundo natural. Esta nueva forma de cartografía representa la superficie de la Tierra con un grado de detalle no conseguido jamás hasta ahora en un atlas de este tipo.

La clave de la izquierda indica las principales categorías en que se han agrupado los diferentes medios geográficos. Otros medios específicos no representados aquí tienen también su propio código de color. En las guardas posteriores puede encontrarse la serie completa de todos ellos. Para el mapa de España se utiliza un código específico de colores, que igualmente se encuentra en las guardas posteriores.











PROYECCIÓN CON LA DORTON

Escala 1 : 5 000 000

PRODUCCIONES AGRARIAS

10 5 1% de la producción mundial promedio 1977-81

- Trigo, centeno
- Maíz
- Mijo, sorgo
- Patatas
- Uvas
- Cítricos
- Dátiles
- Té
- Tabaco
- Azúcar de remolacha
- Algodón

10 5 millones de cabezas

- Ganado vacuno
- Ganado ovino
- Ganado porcino

Basado en las estadísticas de la O.N.U.

- Tierras cultivables
- Pastos
- Explotaciones forestales
- Otros bosques
- Principales zonas de pesca
- Otras zonas de pesca
- Tierras no productivas
- Glacia

Escala 1:30.000.000

PRODUCCIÓN ENERGÉTICA Y MINERAL

10 5 1% de la producción mundial promedio 1977-81

FUENTES DE ENERGÍA

- Petróleo
- Gas natural
- Carbón
- Lignito
- Uranio
- Electricidad de origen
 - térmico
 - nuclear
 - hidroeléctrico

MINERALES

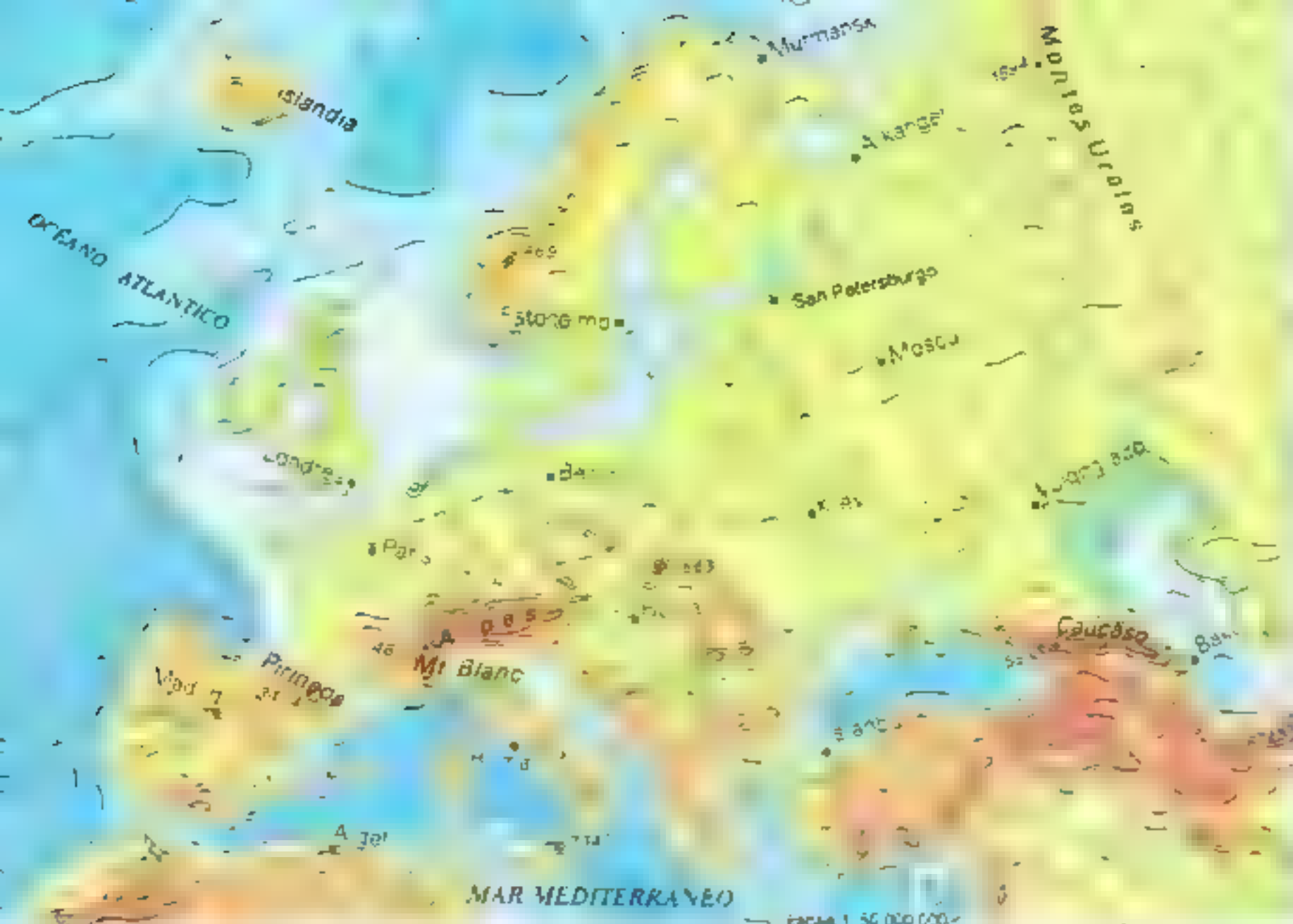
- Hierro
- Plata
- Oro
- Cobre
- Plomo
- Estaño
- Zinc
- Bauxita
- Fosfatos
- Diamantes

Metales aleables (manganeso)

Escala 1:30.000.000

Región industrial

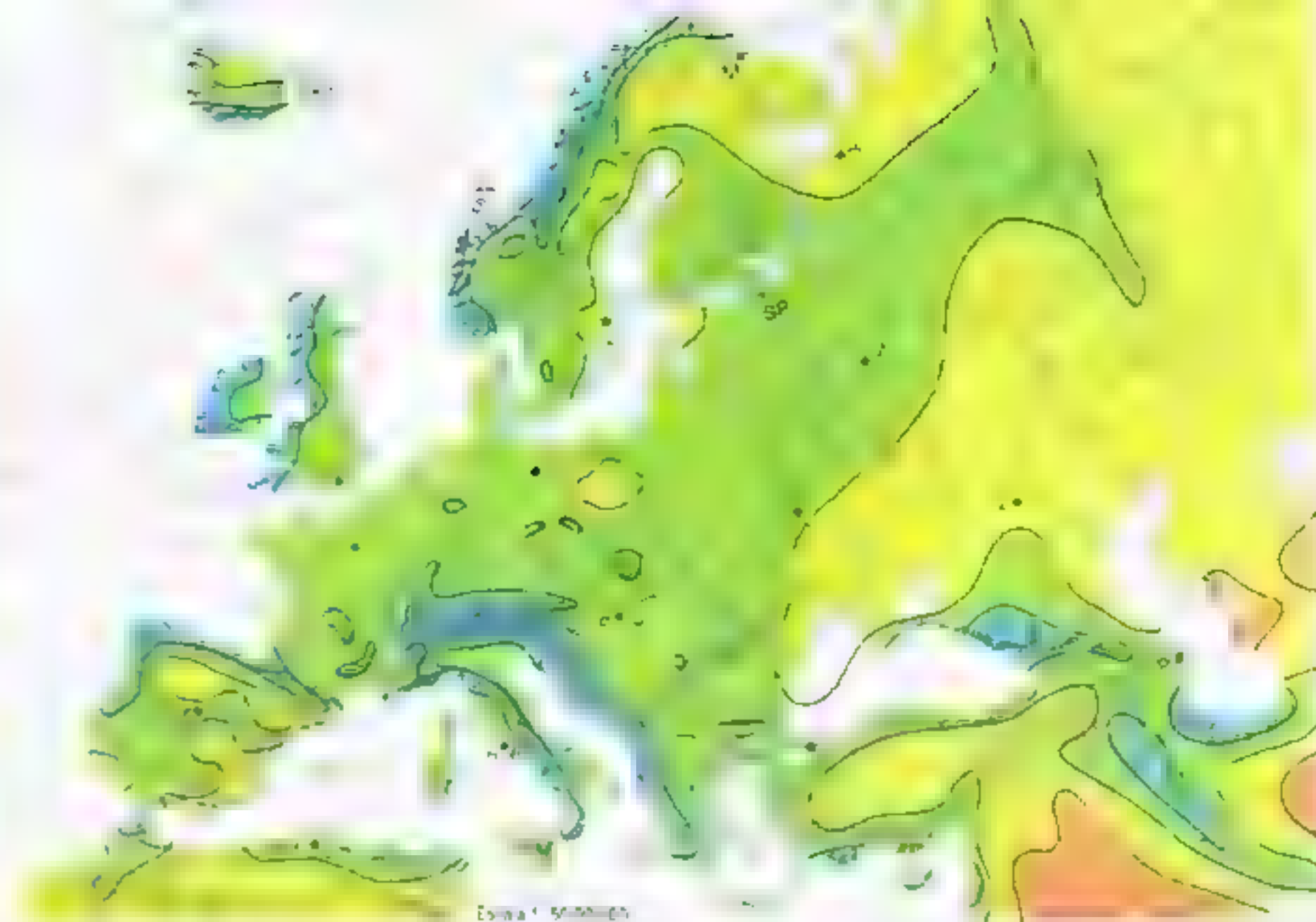
Basado en las estadísticas de la O.N.U.



RELIEVE

Profundidad en metros

Altura sobre el nivel del mar en metros



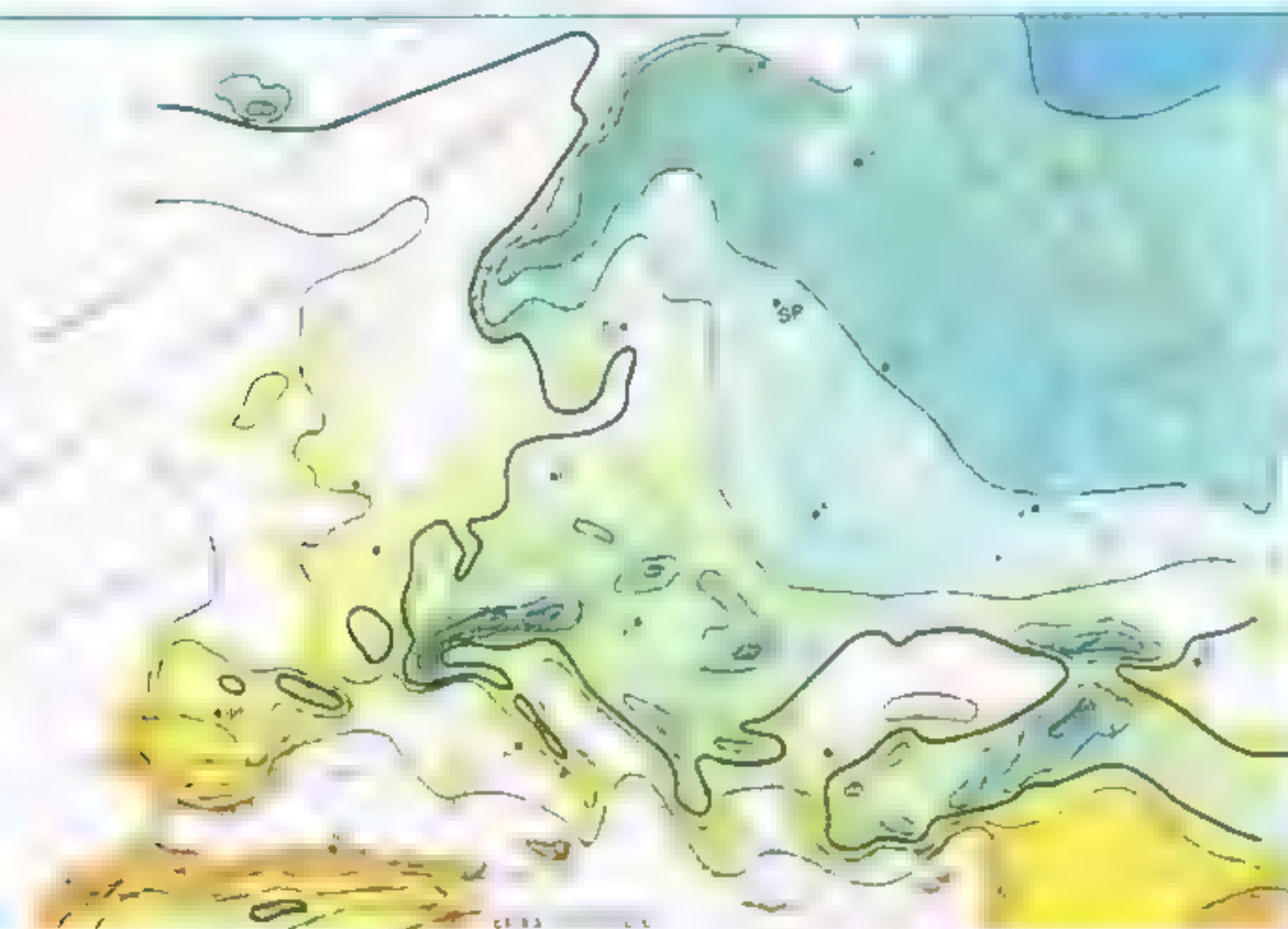
PRECIPITACIONES ANUALES, CORRIENTES OCEÁNICAS

Precipitaciones anuales (mm)

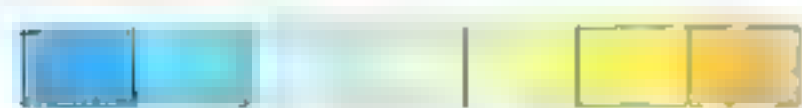


Corriente oceánica fría en la superficie en julio

Corriente oceánica cálida en la superficie en julio

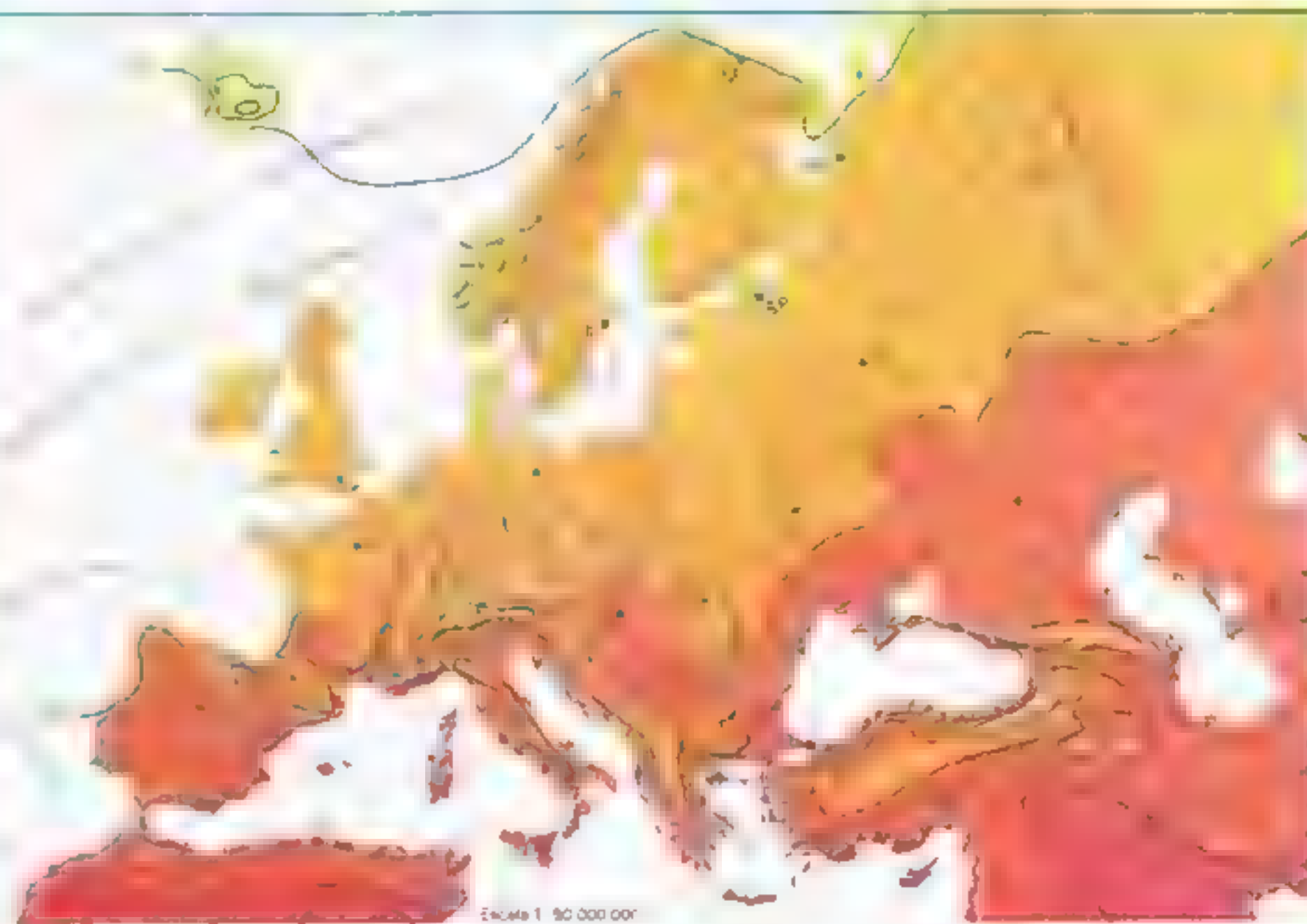


TEMPERATURAS, VIENTOS Enero

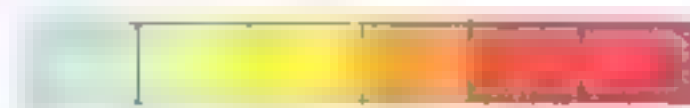


Dirección de los vientos dominantes

Temperatura media diaria temperaturas reales

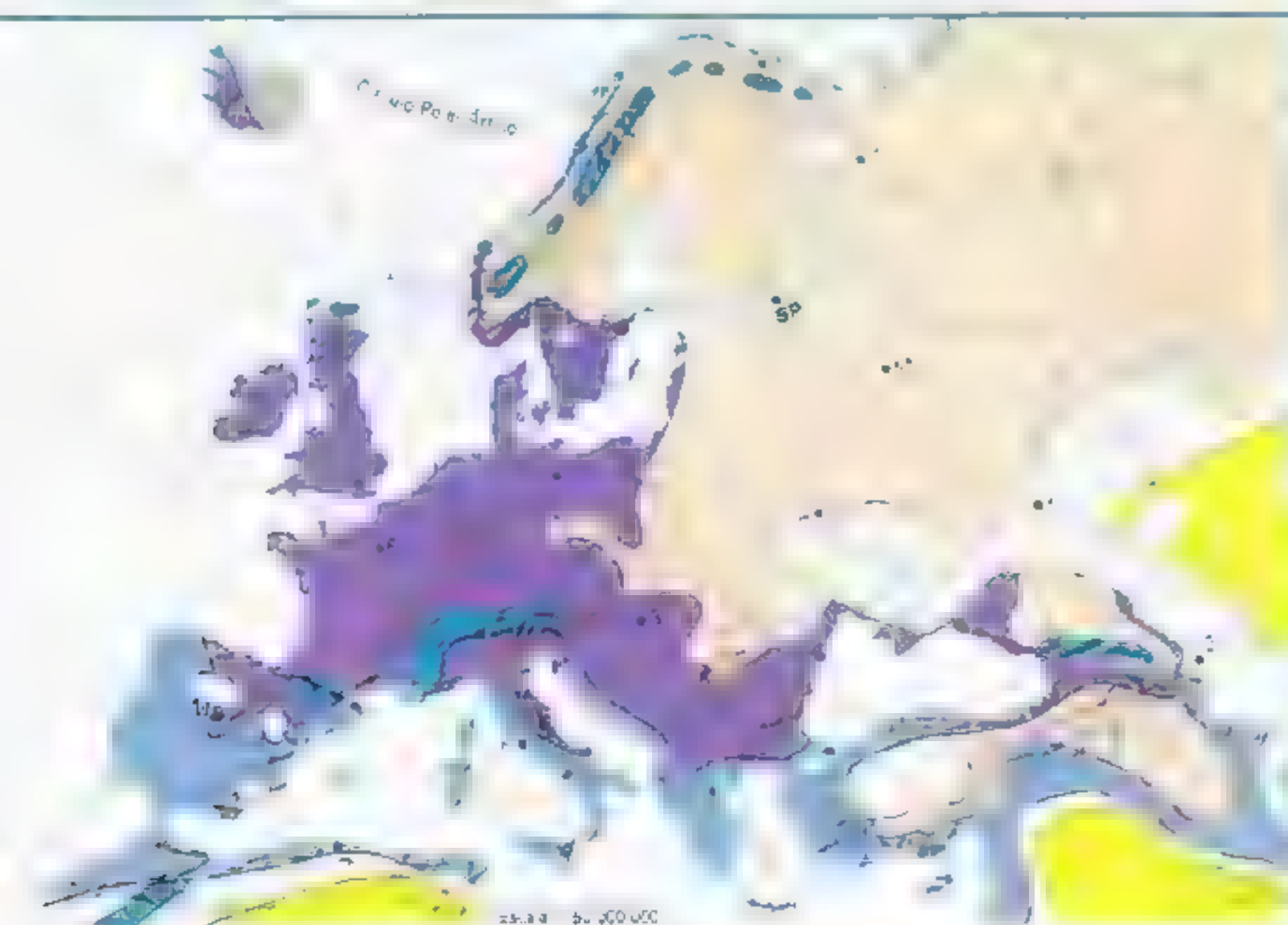


TEMPERATURAS, VIENTOS, Julio



Dirección de los vientos dominantes

Temperatura media diaria temperaturas reales



CLIMA EN RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS (según Köppen y otros)

Climas secos:

Clima de estepa

Clima desértico

Climas marítimos:

con veranos secos

con precipitaciones en todas las estaciones

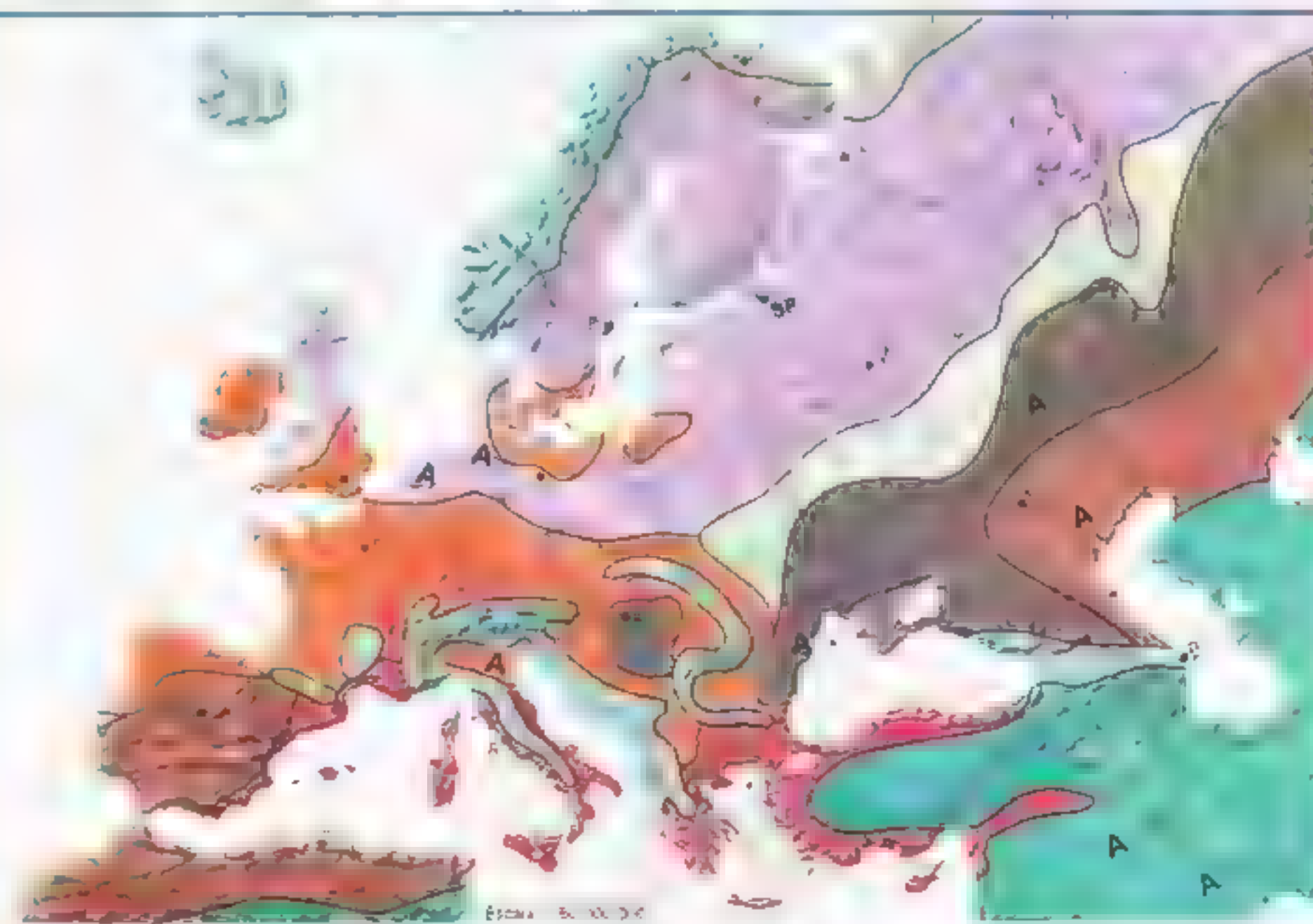
Climas continentales:

con precipitaciones en todas las estaciones

Climas fríos:

Clima de tundra

Climas ártico y alpino



SUELOS

(según Glinka, Marbut y otros)

A A Suelos aluviales

Tundra

Podsoles

Suelos pardos

Suelos laténicos

Suelos de estepa

Chernozem

Suelos castaño de estepa

Suelos tropicales y subtropicales

Suelos alpinos











A

B

1

C

D

2

OCEANO

ATLANTICO

3

PORTUGAL

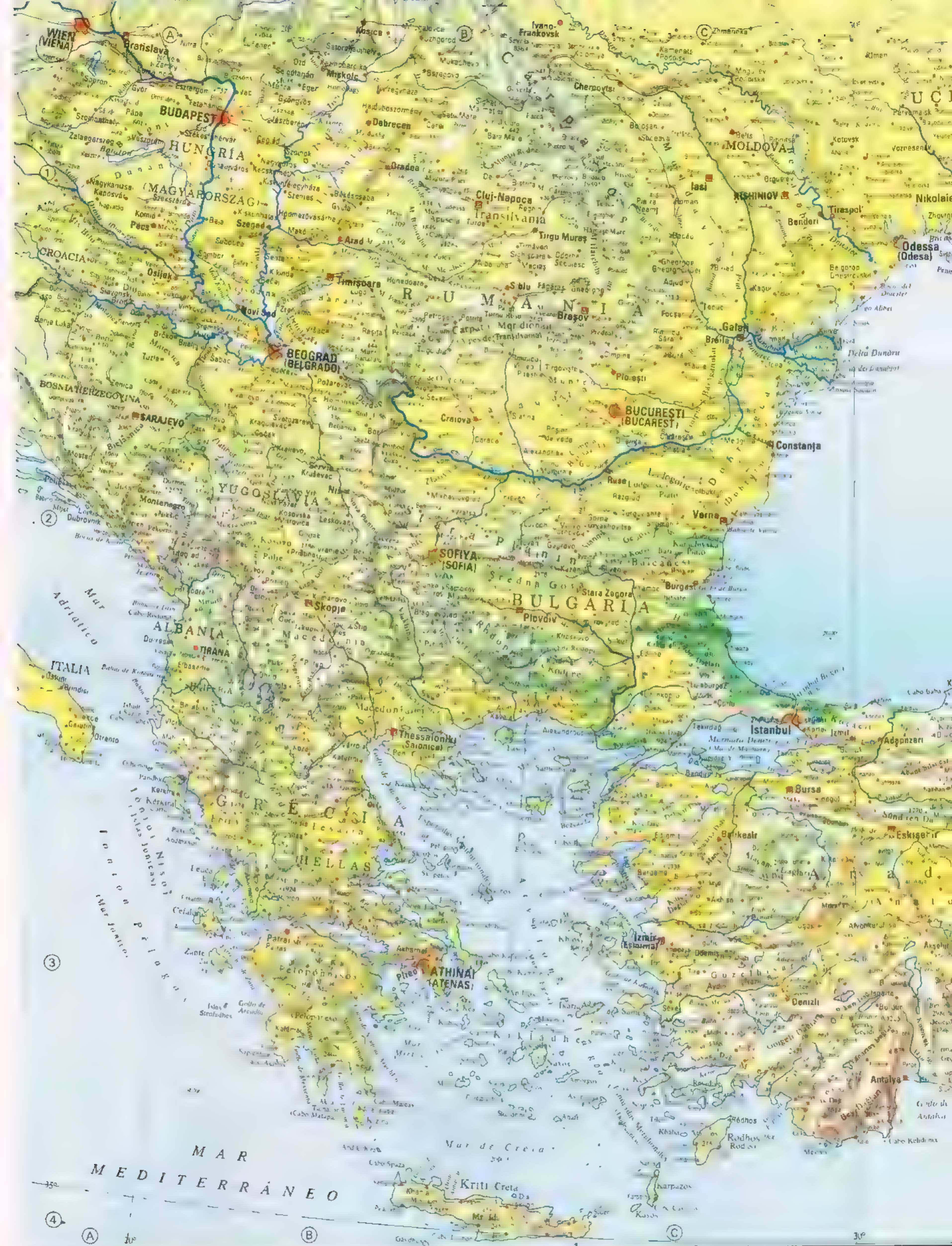
4

B

C

D











Escala 1 : 5.000.000



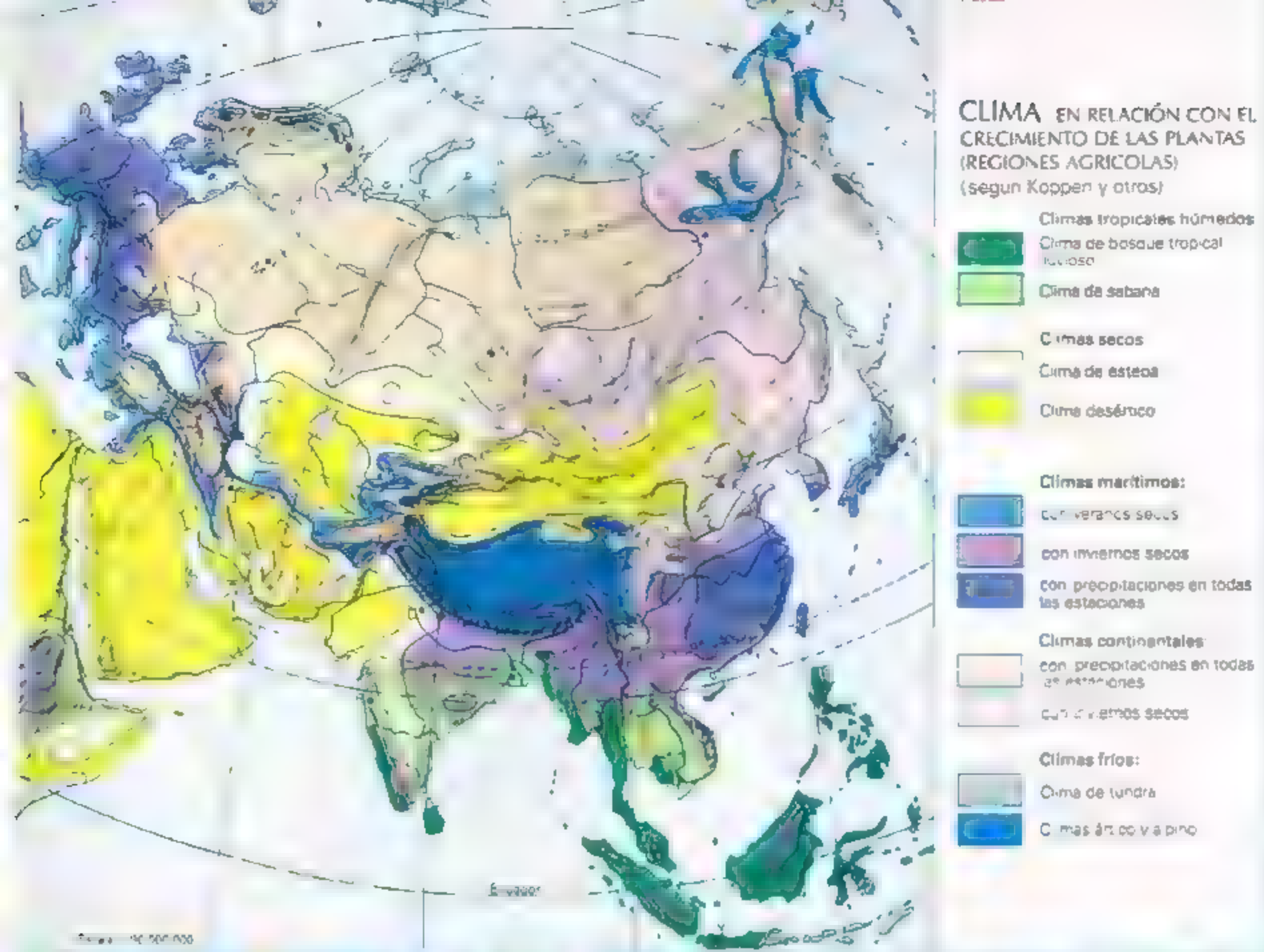






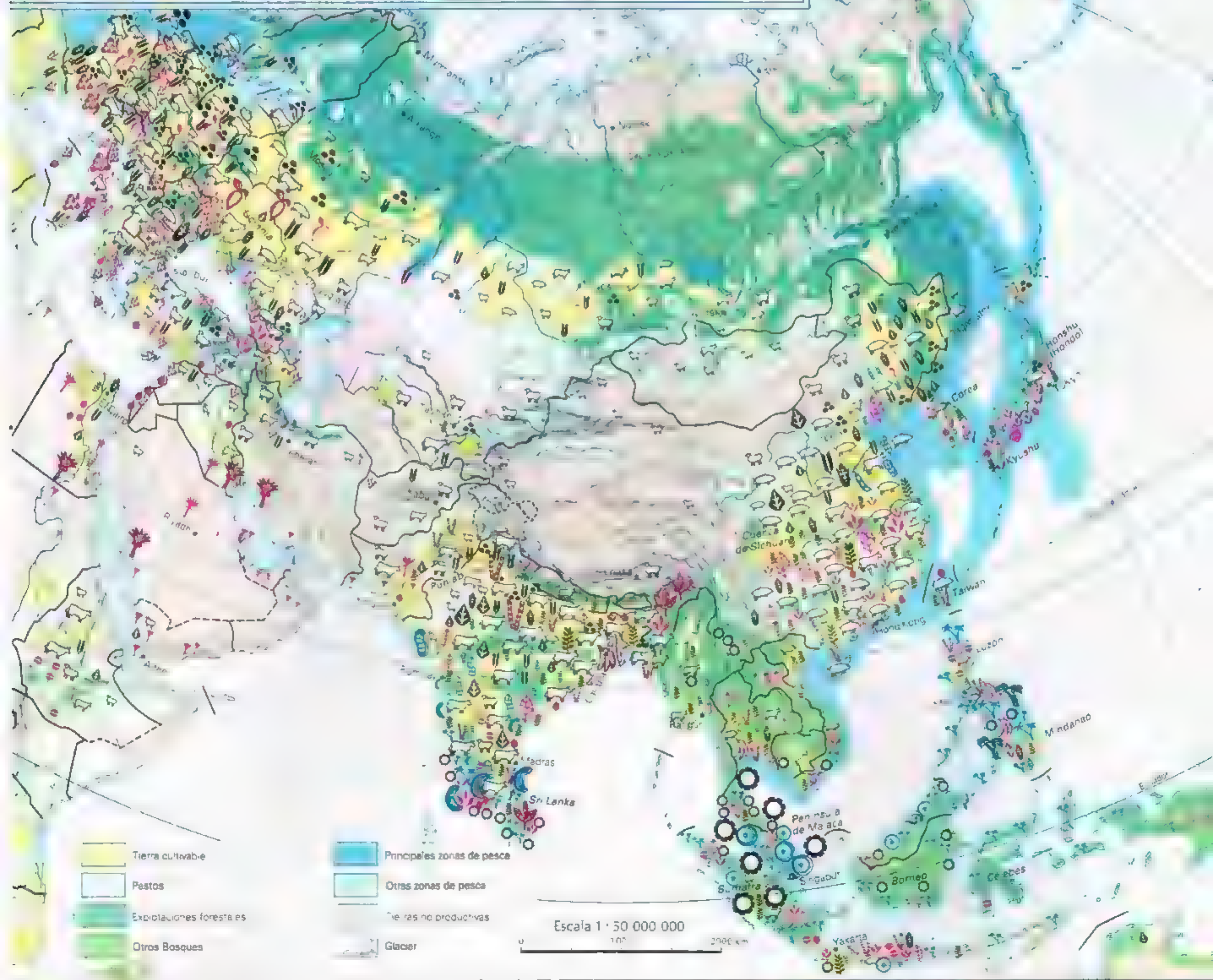


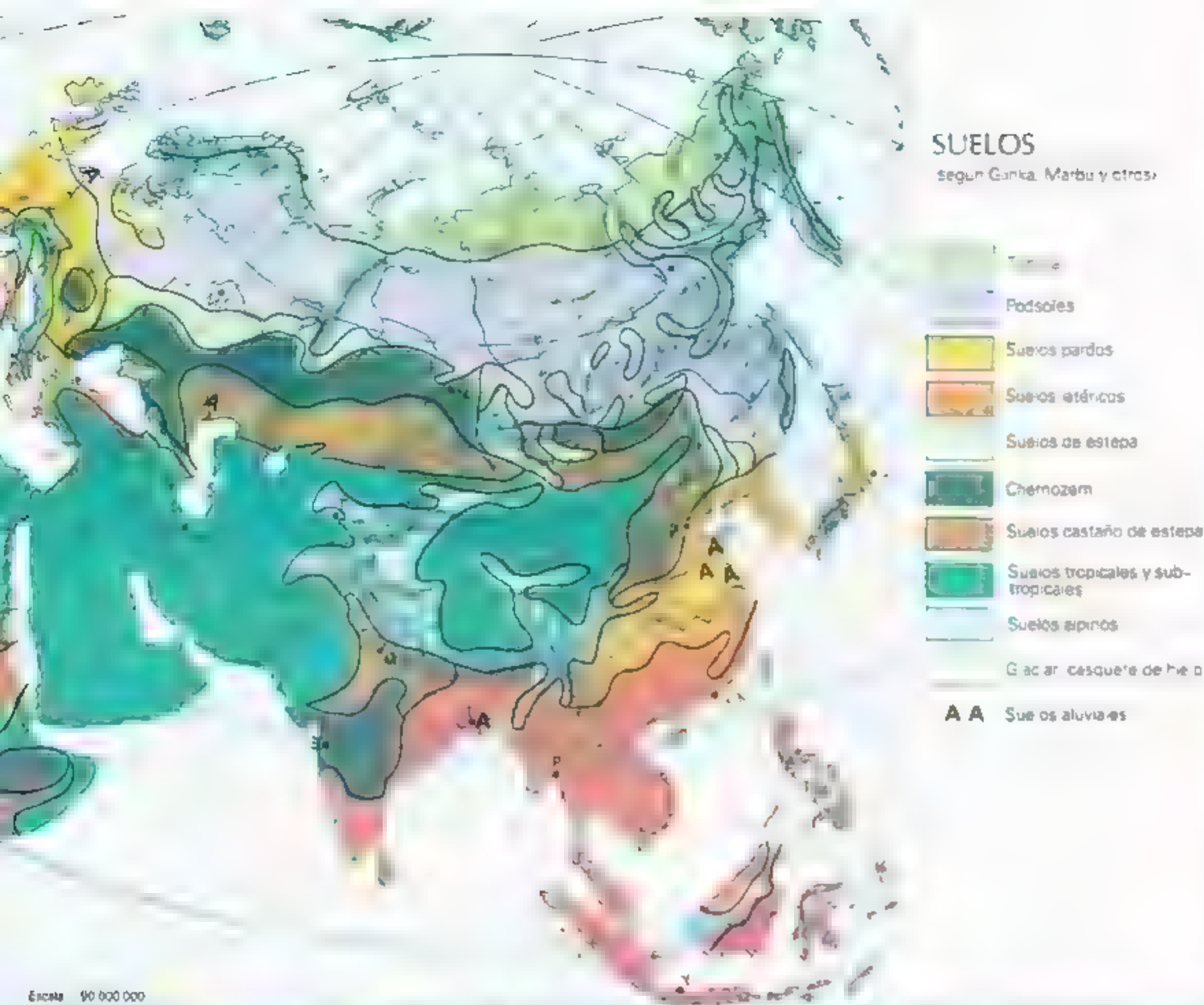




PRODUCCIONES AGRARIAS

10 5 1% de la producción mundial. Promedio 1977-81





PRODUCCIÓN ENERGÉTICA Y MINERAL

MINERALES

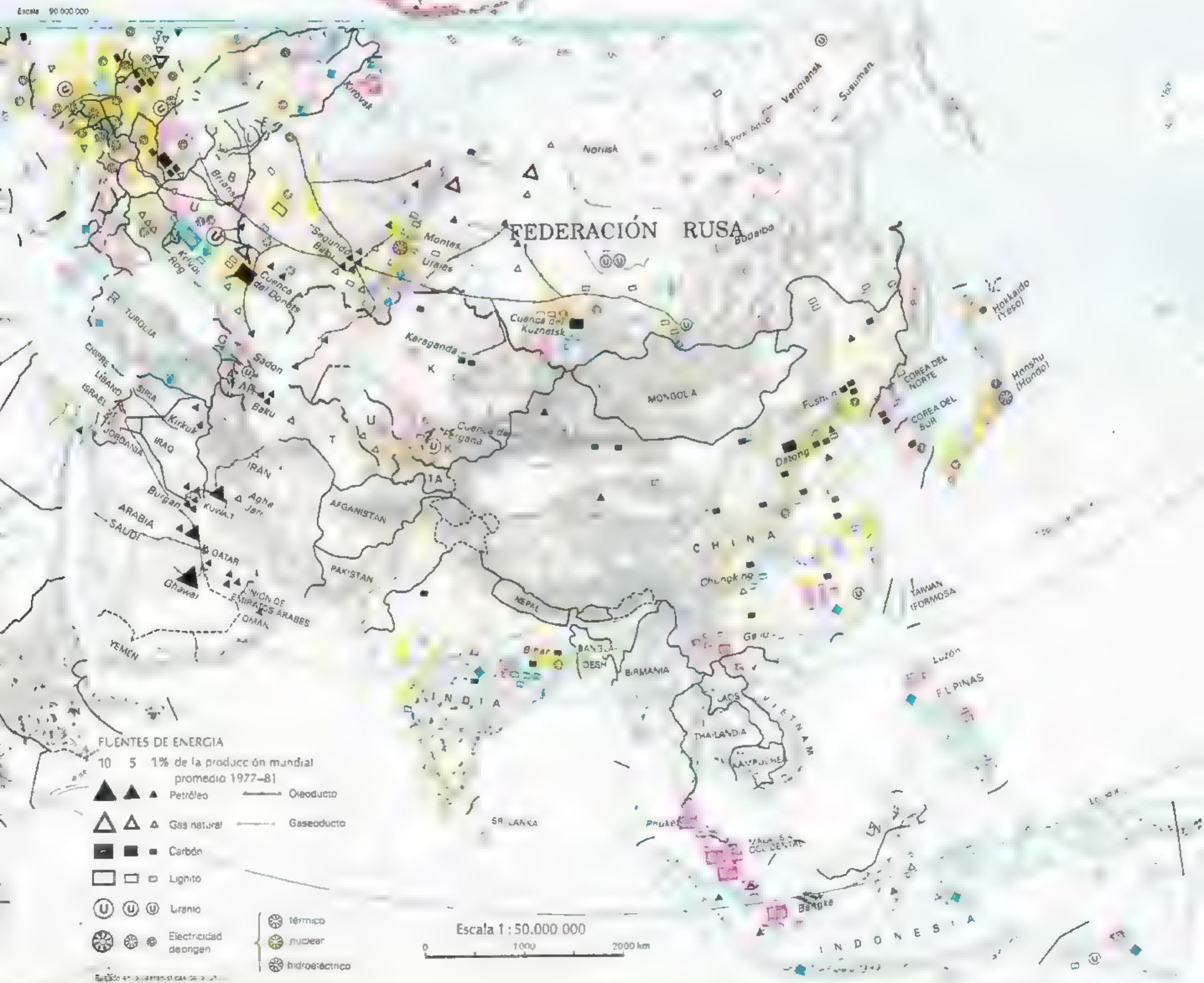
10 5 1% de la producción mundial Promedio 1977-81

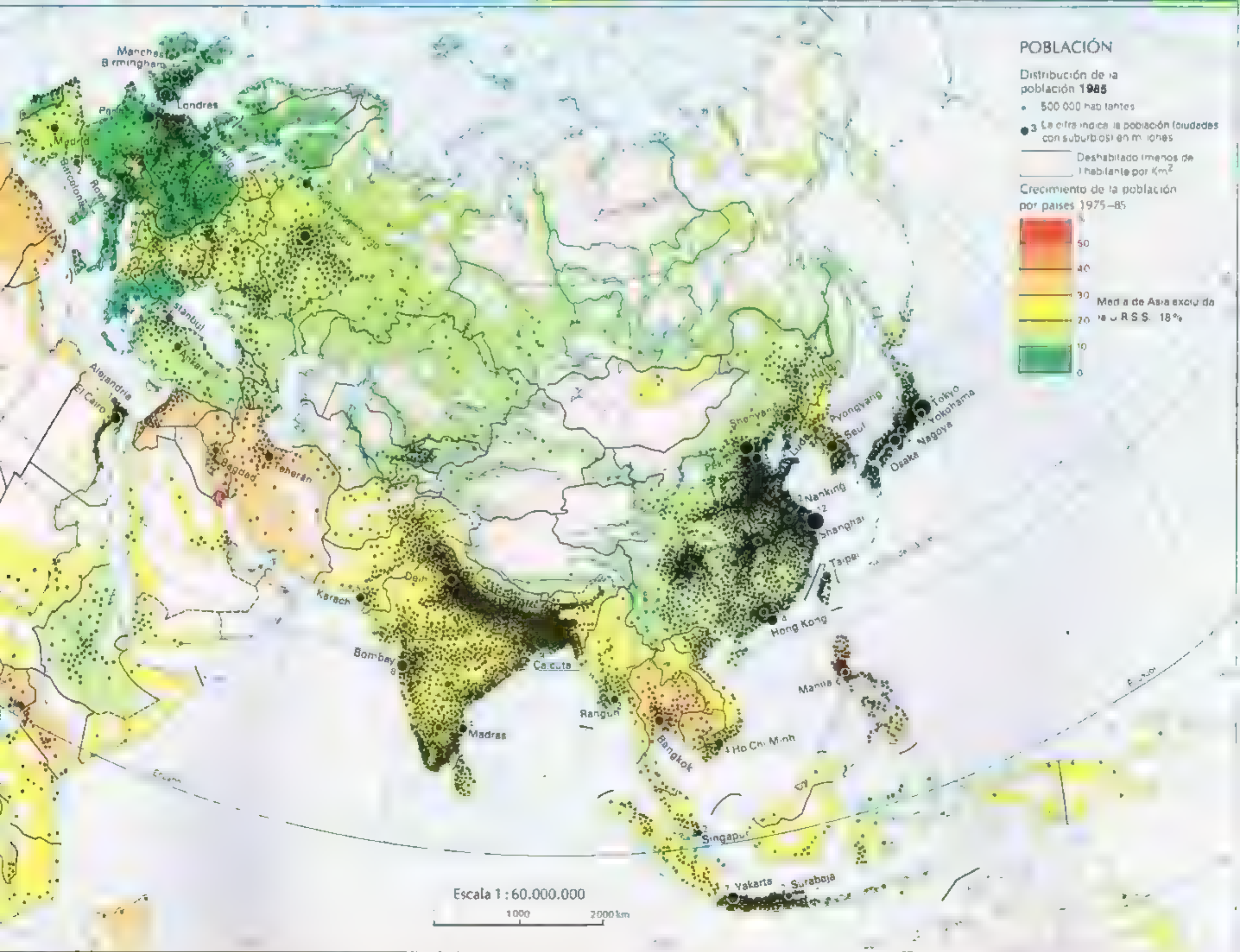
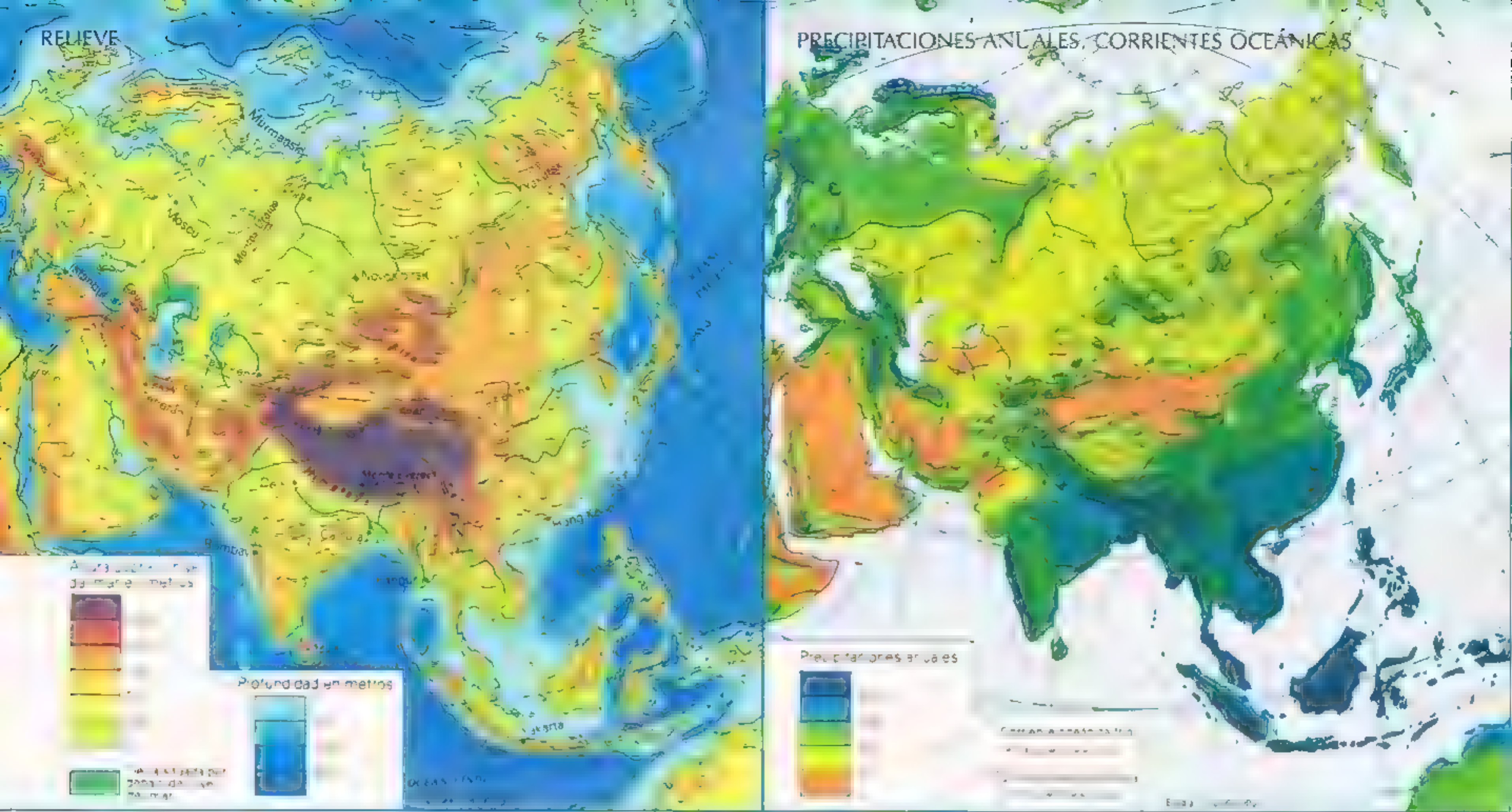
Fe	Hierro	Sn	Estaño
Ag	Plata	Zn	Zinc
Au	Oro	Al	Alumina
Cu	Cobre	P	Fosfatos
Pb	Plomo	D	Diamantes

Metales aleables (manga-
neso, cobalto, cromo, níquel,
vanadio, tungsteno, etc.)

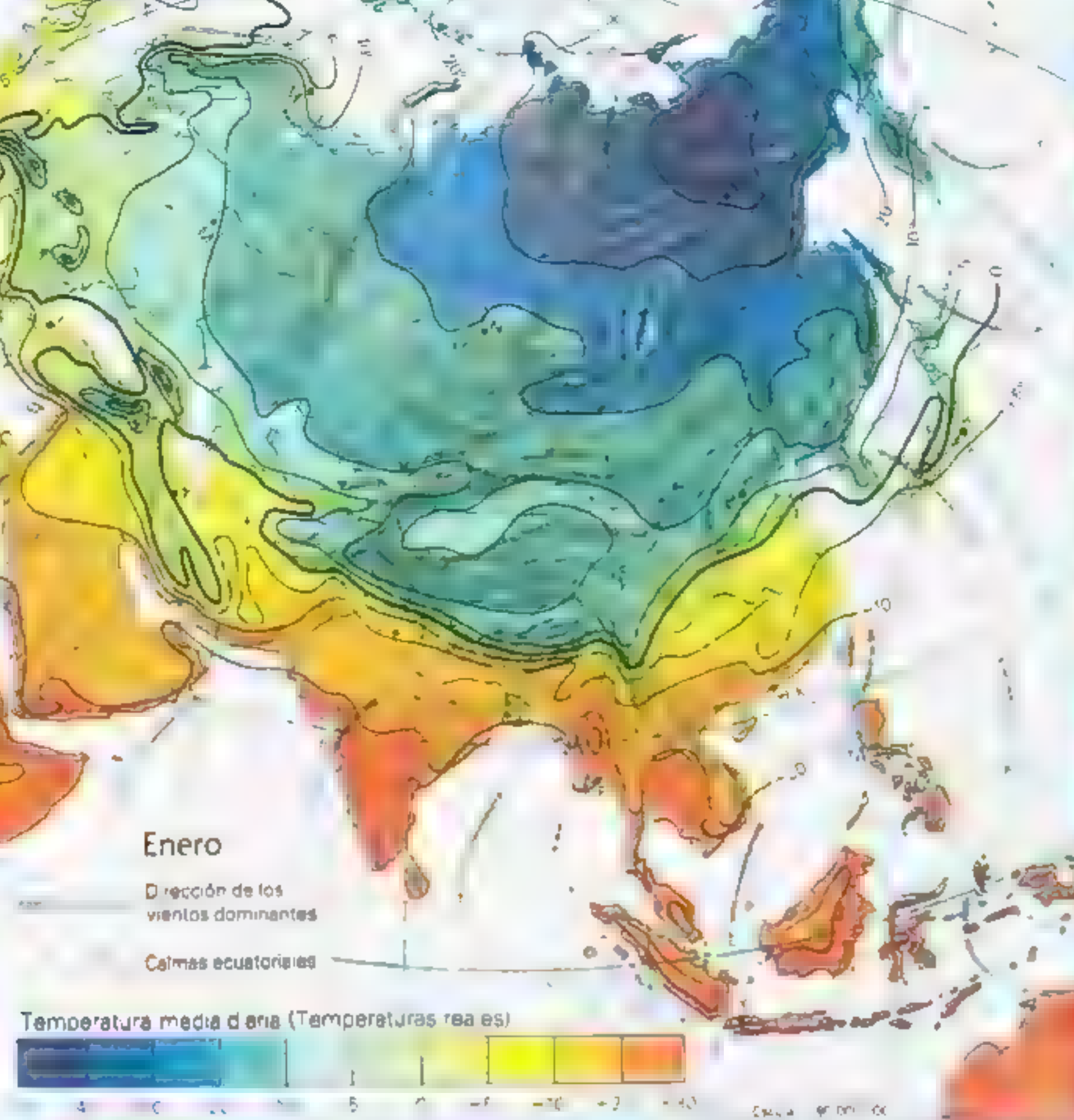
Los símbolos muestran solamente
la localización de los yacimientos

Escala en las estadísticas de la ONU

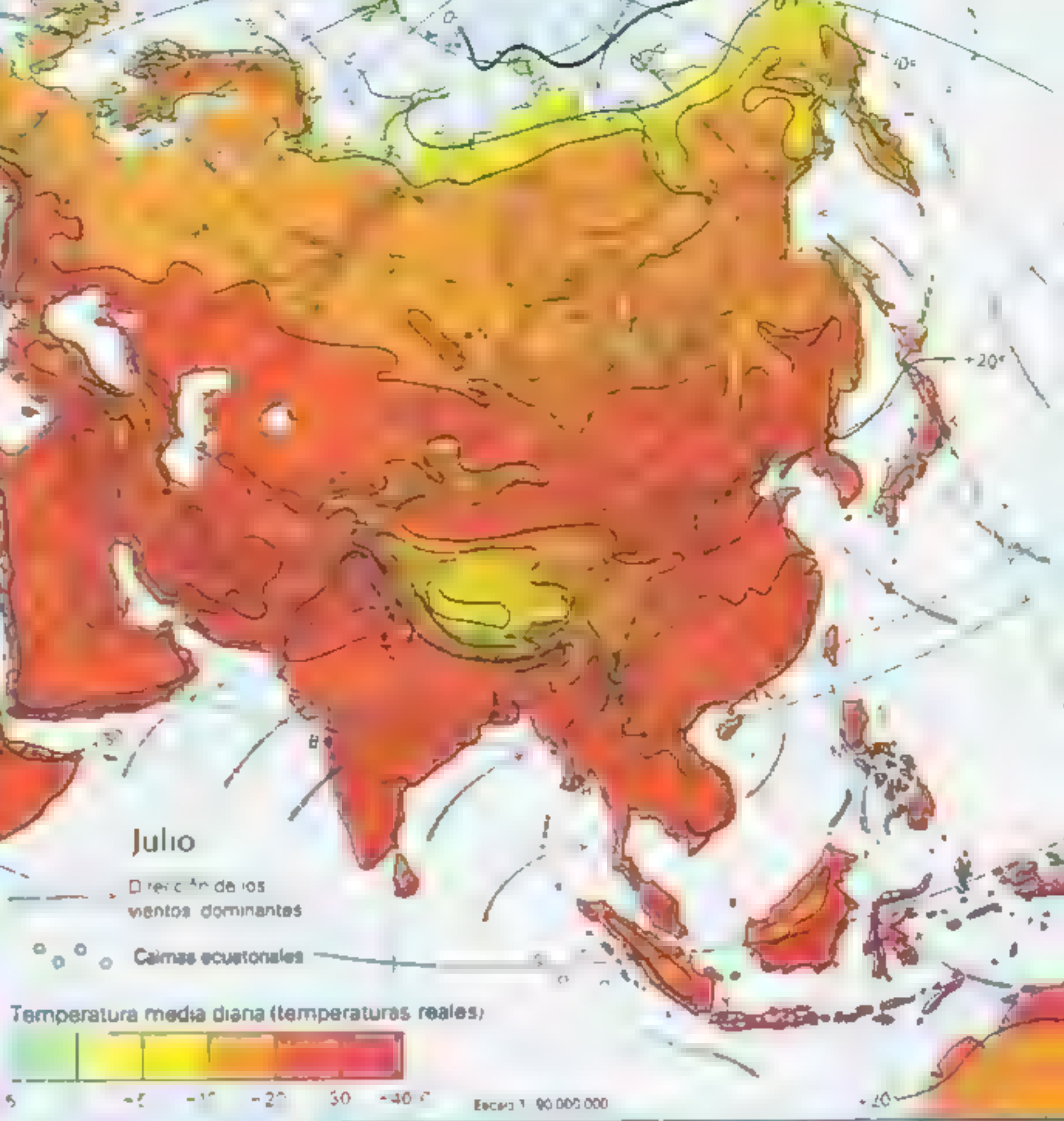




TEMPERATURAS, VIENTOS



TEMPERATURAS, VIENTOS



DIVISIONES POLÍTICAS

Repúblicas de la ex U.R.S.S.

- 1 Federación Rusa
- 2 Estonia
- 3 Letonia
- 4 Lituania
- 5 Bielorus
- 6 Ucrania
- 7 Moldavia
- 8 Georgia
- 9 Armenia
- 10 Azerbaiyán
- 11 Kazajistán
- 12 Uzbekistán
- 13 Turkmenistán
- 14 Tayikistán
- 15 Kirguizistán

Regiones administrativas en China (Zizhiqu = Región autónoma)

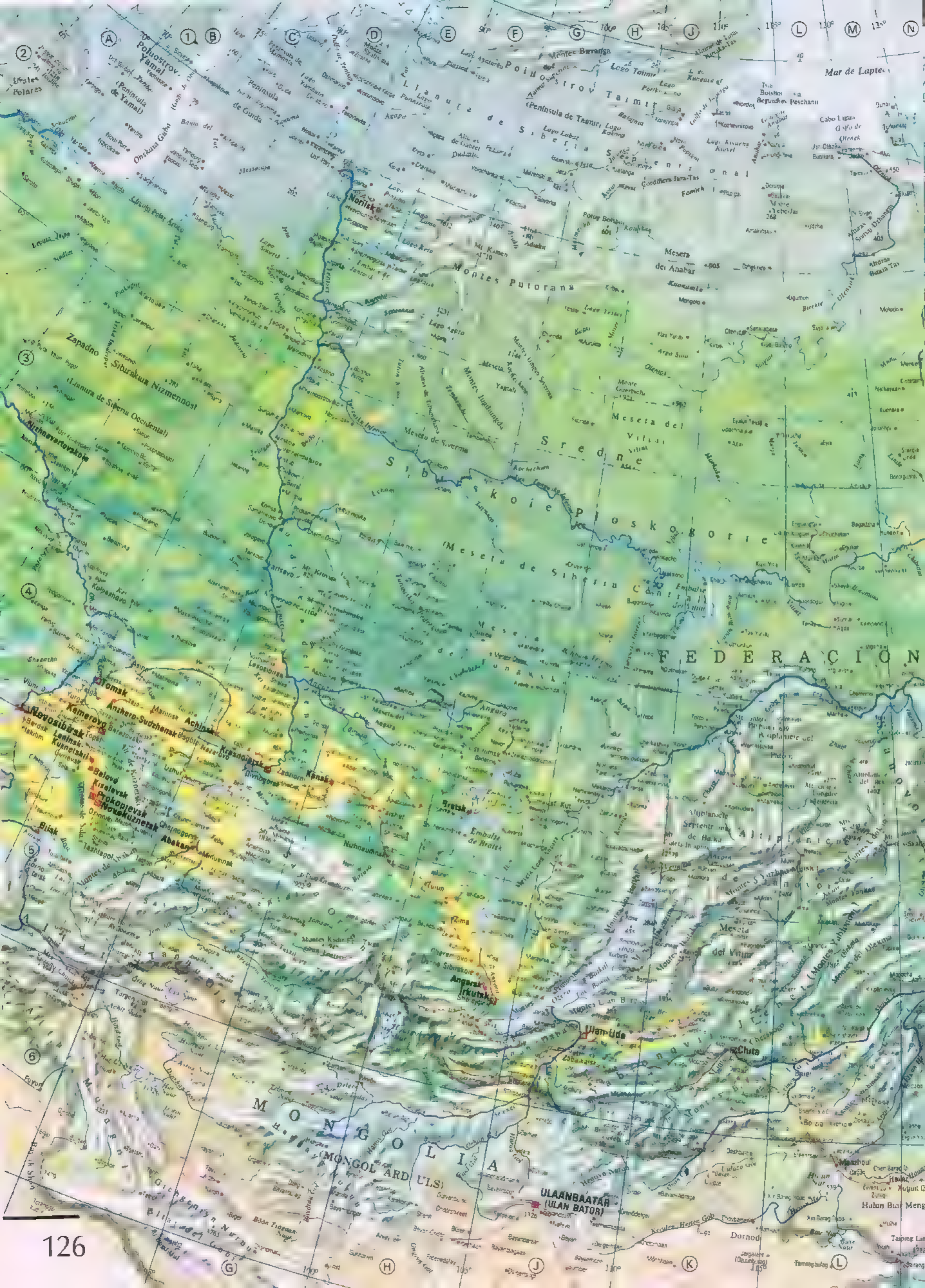
- 1 Xinjiang Jiyu Zizhiqu
- 2 Xizang Zizhiqu (Tibet)
- 3 Qinghai
- 4 Gansu
- 5 Nei Monggol Zizhiqu
- 6 Heilongjiang
- 7 Jilin
- 8 Liaoning
- 9 Hebei
- 10 Beijing Shi
- 11 Shanxi
- 12 Shaanxi
- 13 Ningxia Huizu Zizhiqu
- 14 Sichuan
- 15 Hubei
- 16 Henan
- 17 Shandong
- 18 Jiangsu
- 19 Anhui
- 20 Shanghai Shi
- 21 Zhejiang
- 22 Fujian
- 23 Jiangxi
- 24 Hunan
- 25 Guizhou
- 26 Yunnan
- 27 Guangxi Zhuangzu Zizhiqu
- 28 Guangdong
- 29 Tailandia

Escala 1:60.000.000

0 1000 2000 km









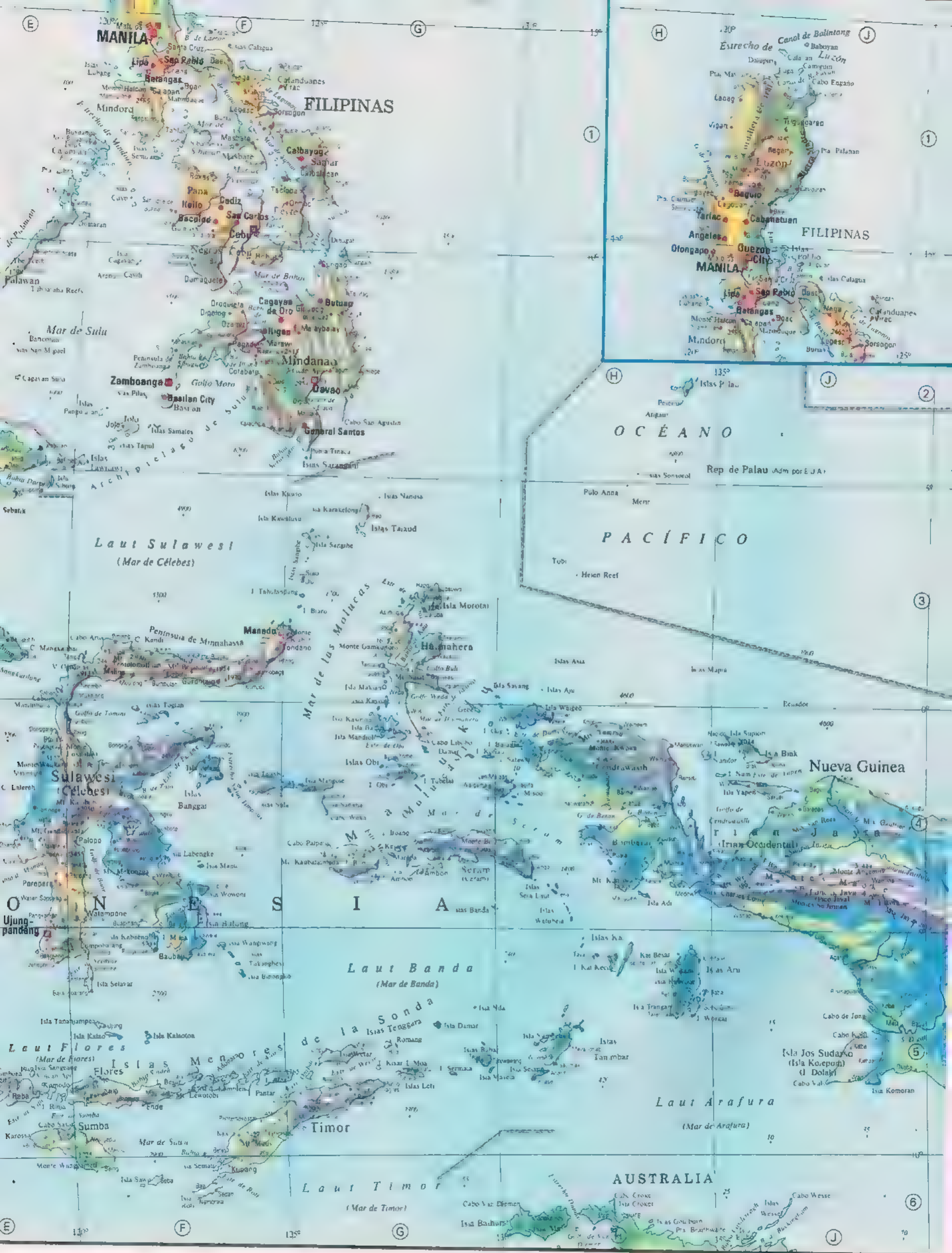




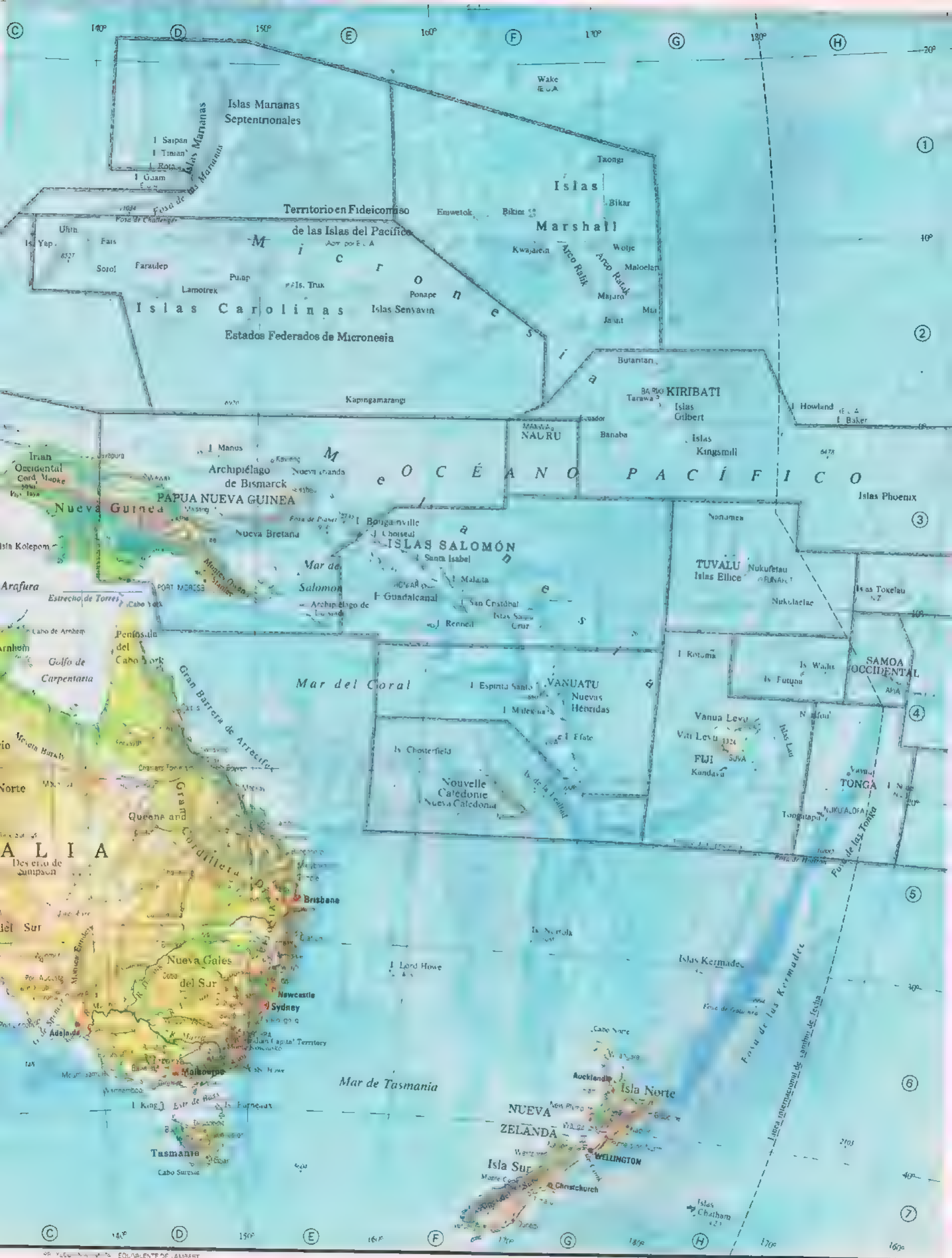








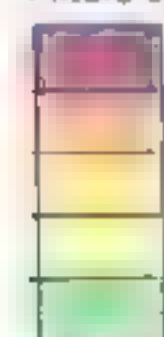






RELIEVE

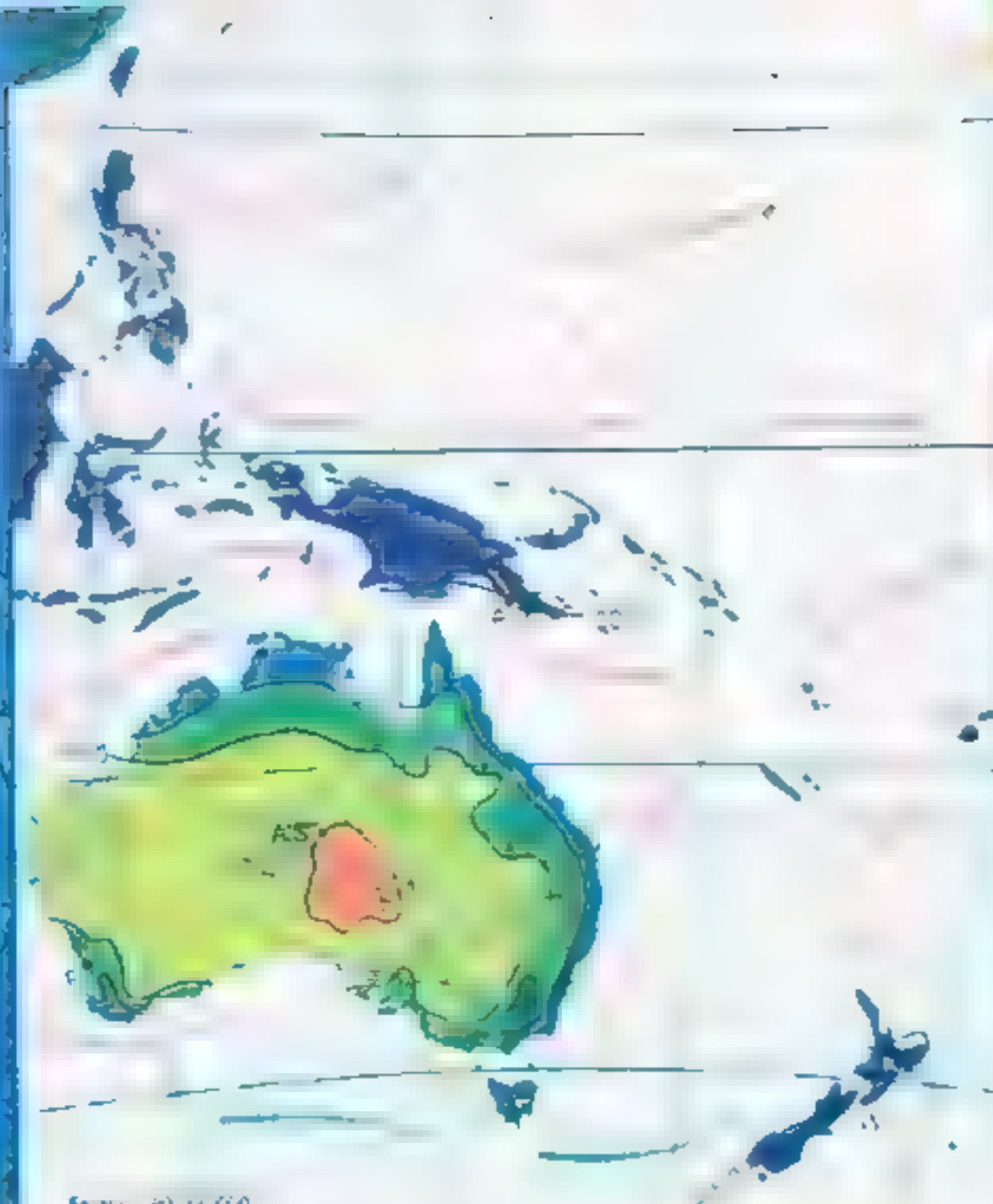
Altura sobre el nivel del mar en metros



Profundidad en metros



Tierras sueltas por debajo del nivel del mar



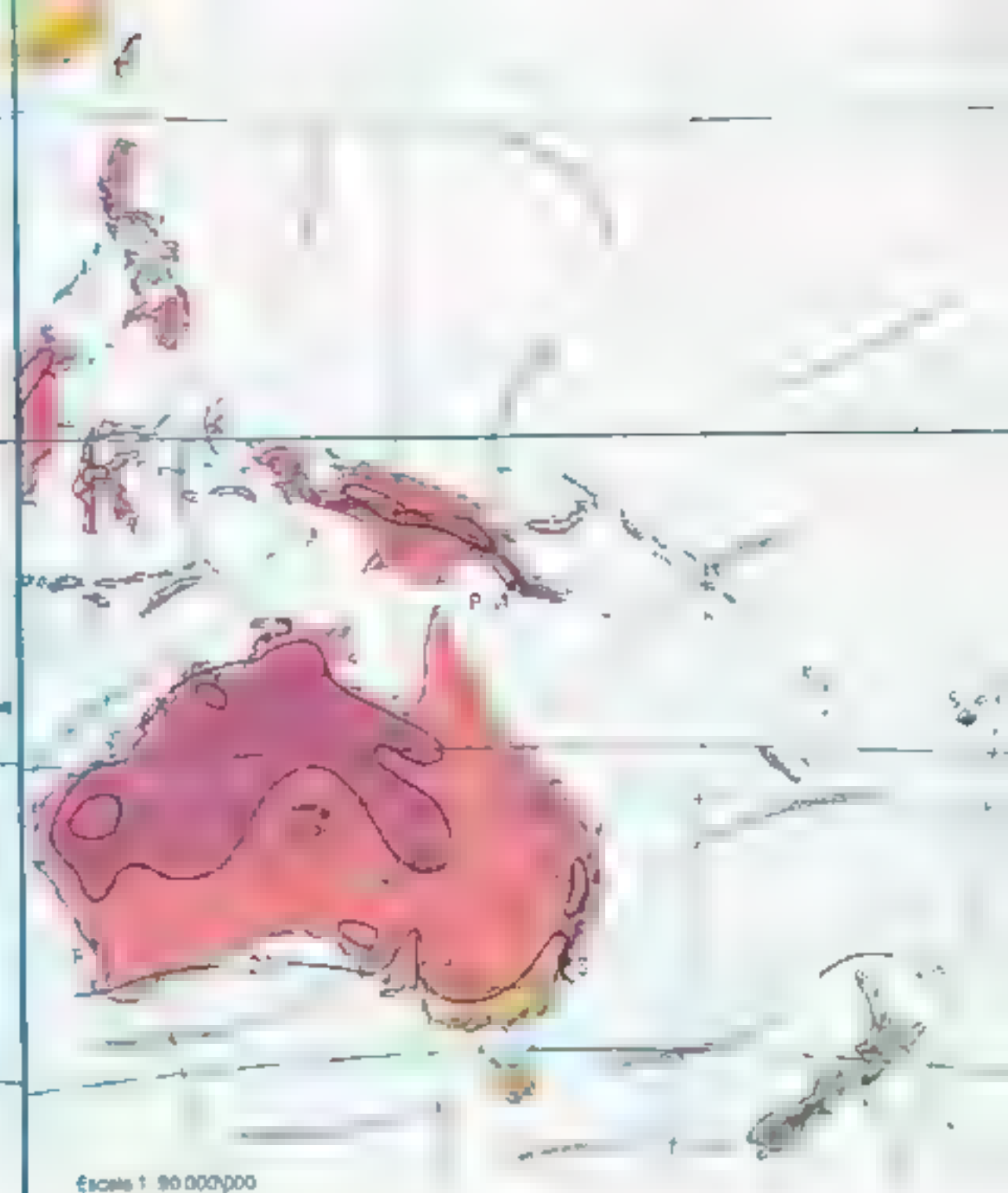
PRECIPITACIONES ANUALES, CORRIENTES OCEÁNICAS

Precipitaciones anuales (mm)



Corriente oceánica fría (en la superficie en julio)

Corriente oceánica cálida (en la superficie en julio)



Escala 1:50.000.000

TEMPERATURAS, VIENTOS

Enero



Temperatura media diaria (temperaturas reales)

Dirección de los vientos dominantes

Calmas ecuatoriales

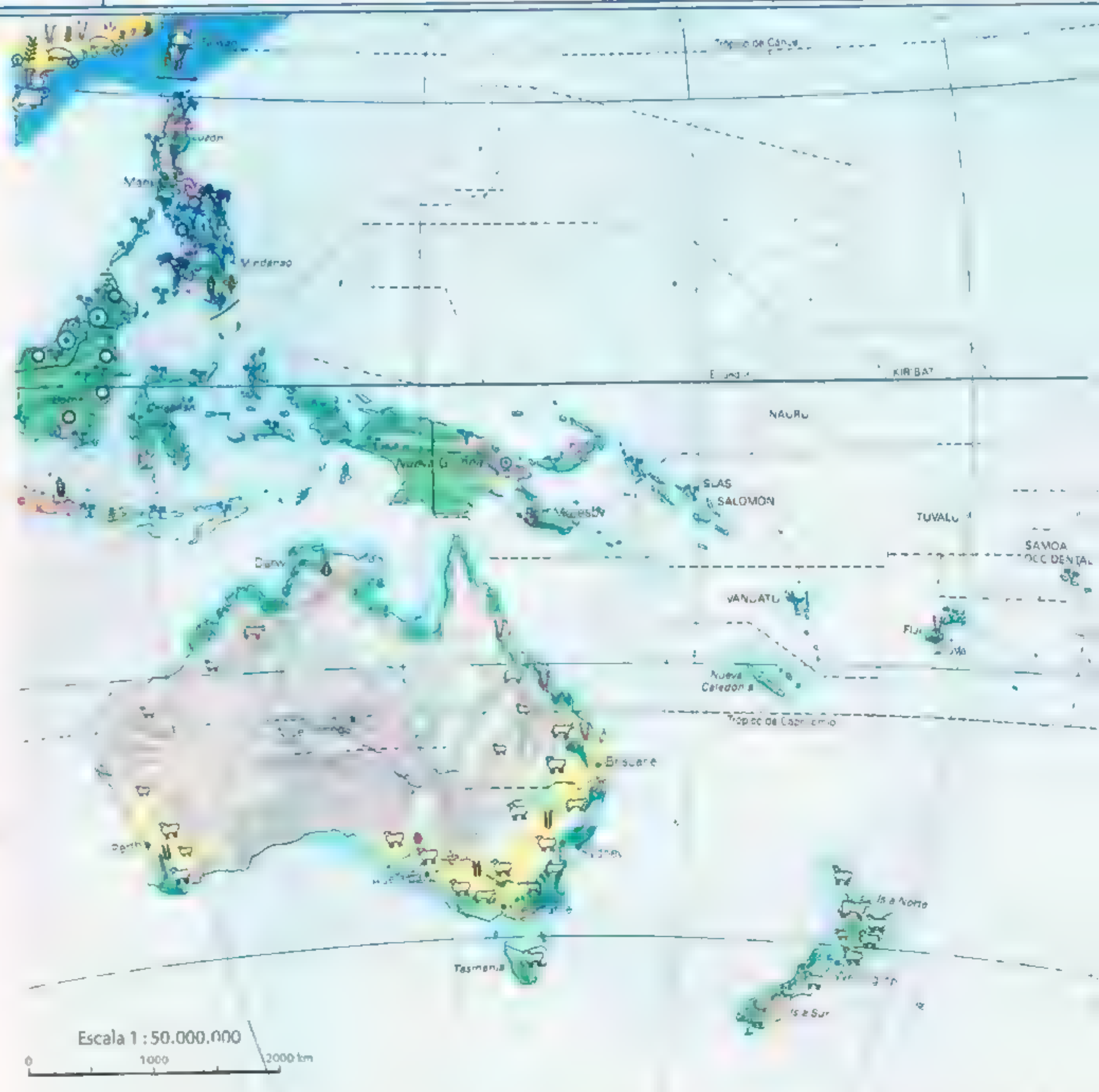
PRODUCCIONES AGRARIAS

10 5 1% de la producción mundial promedio 1977-81

- Trigo
- Maíz
- Arroz
- Algodón
- Caucho natural
- Copra
- Aceite de Palma
- Anacardo
- Uvas
- Cítricos
- Plátanos
- Café
- Cacao
- Tabaco
- Azúcar de caña
- Algodón
- Mil millones de Cabezas
- Ganado vacuno
- Ganado porcino
- Ganado ovino

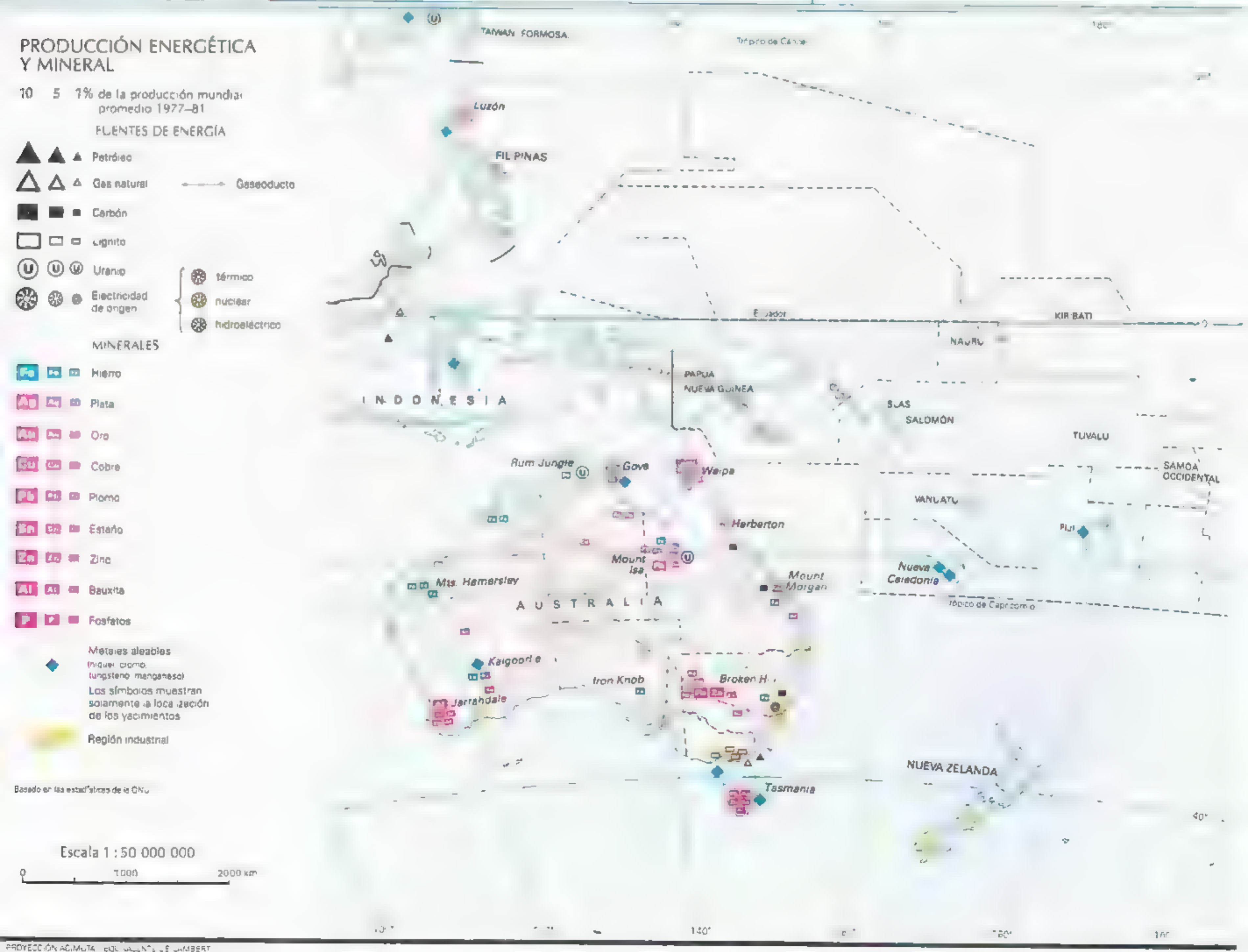
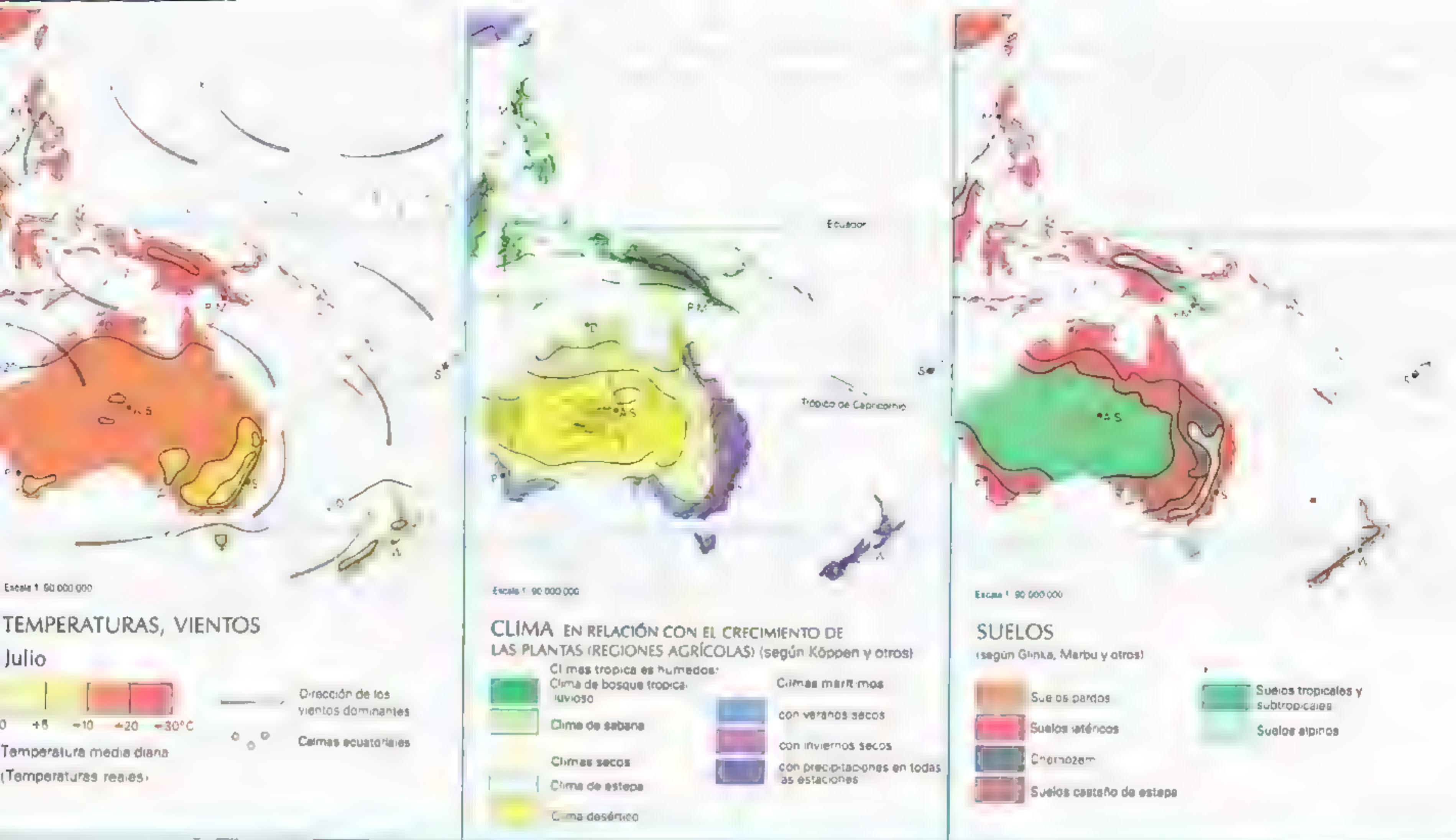
Basado en estadísticas de la FAO

- Tierra cultivable
- Pastos
- Explotaciones forestales
- Principales zonas de pesca
- Otras zonas de pesca
- Tierras no productivas



Escala 1:50.000.000

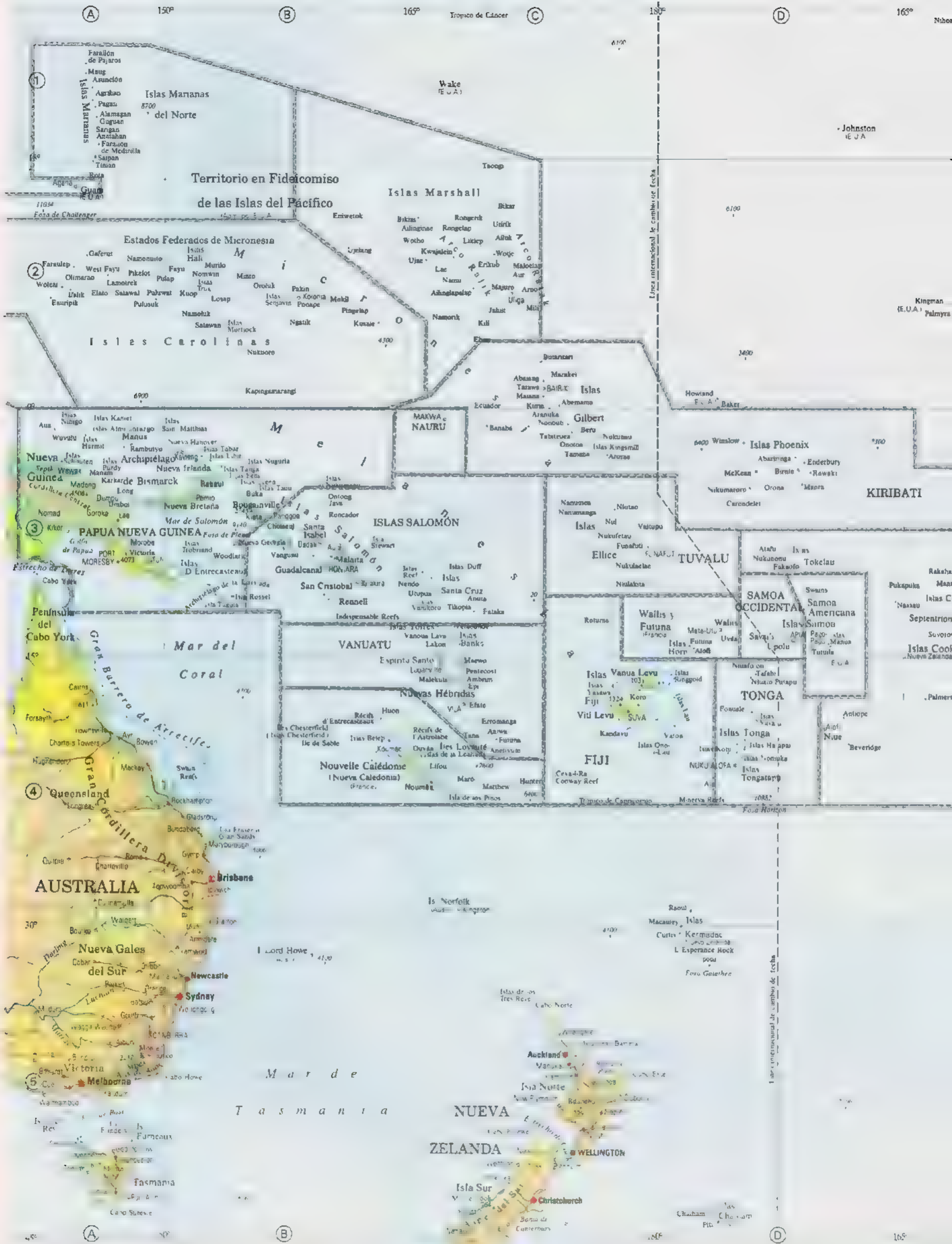
0 1000 2000 km

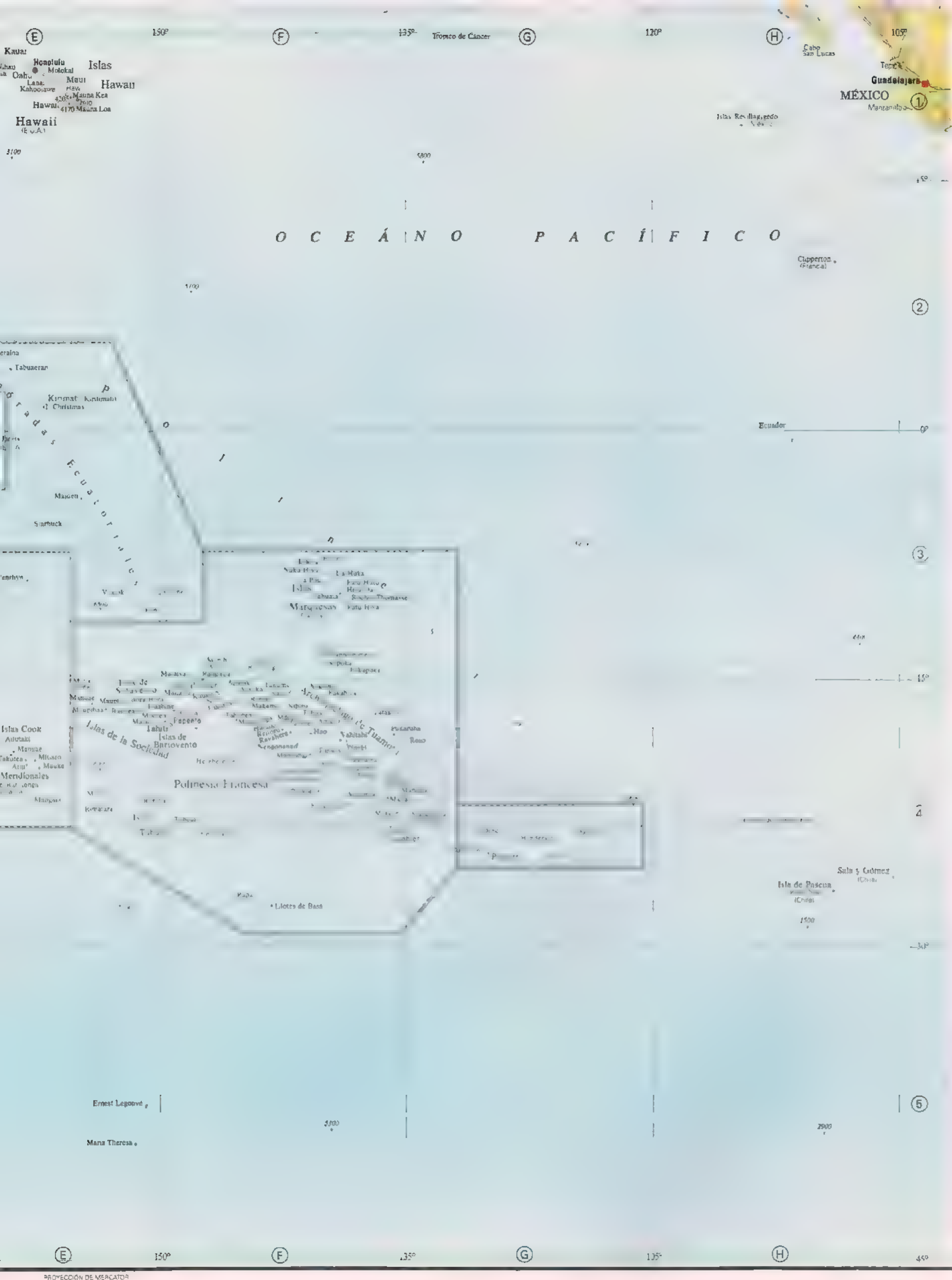


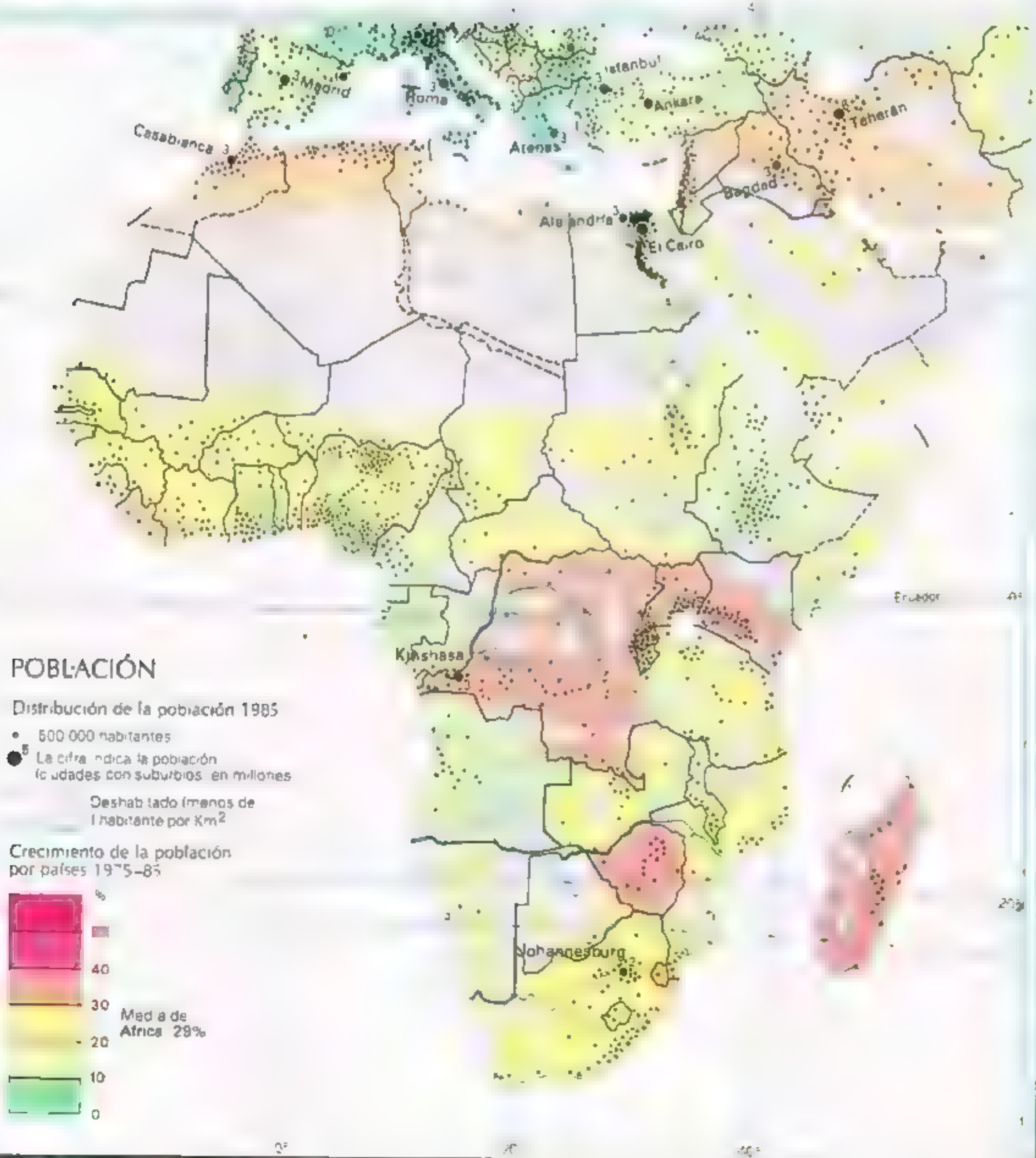








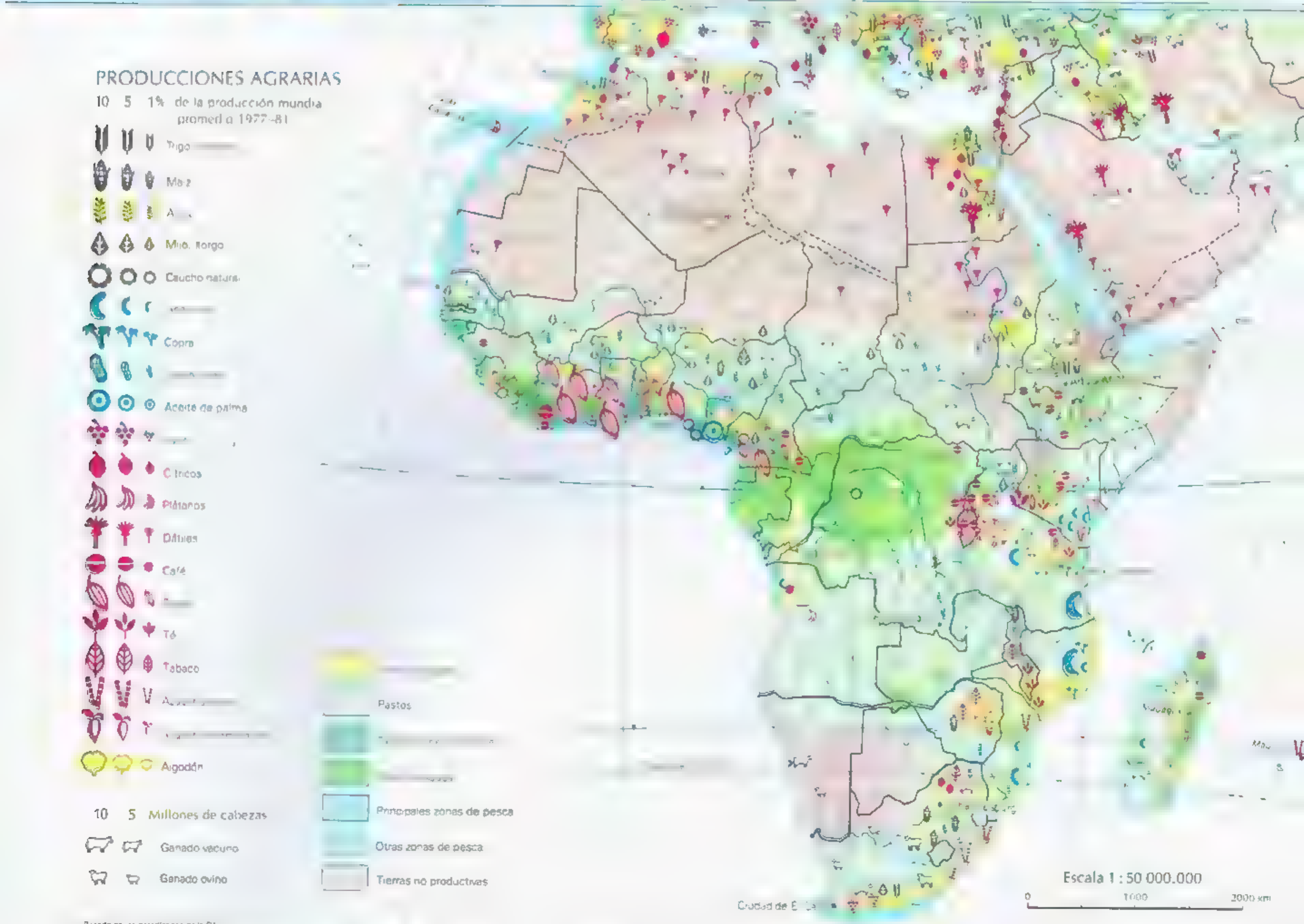
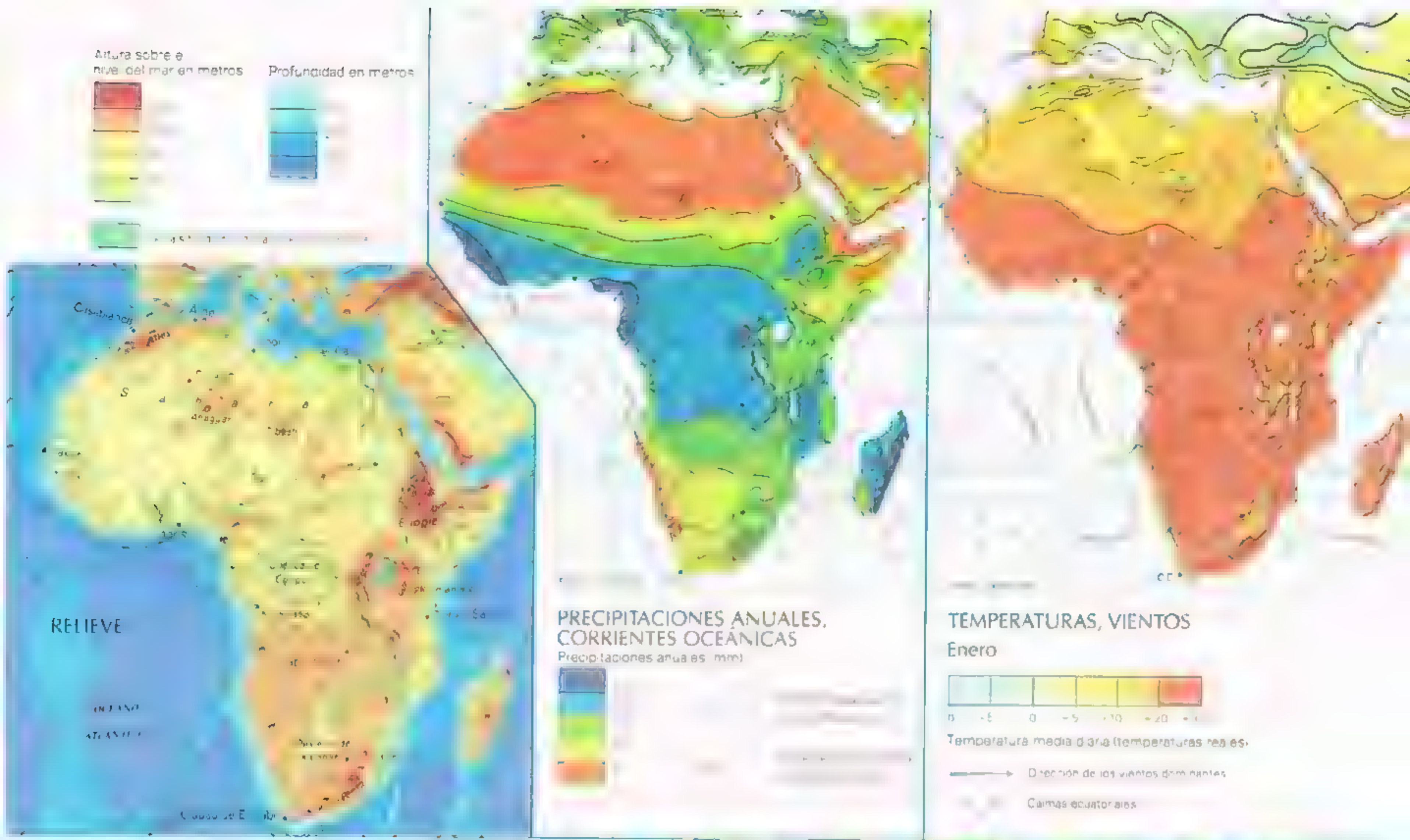




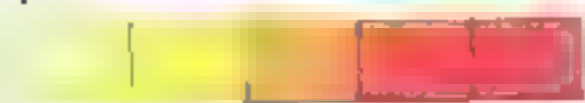


PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA DE MILLER

Escala 1 : 25.000 000



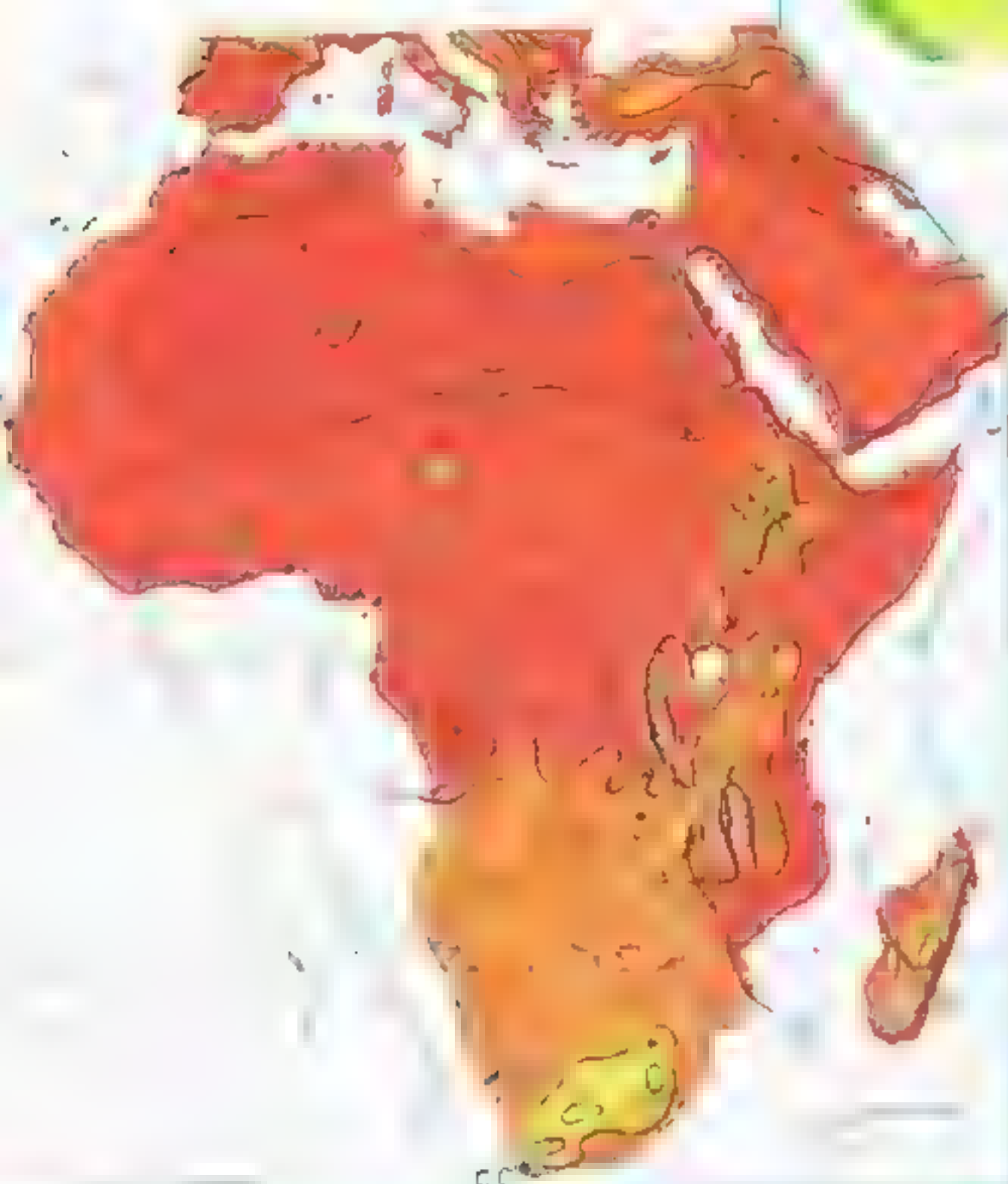
TEMPERATURAS, VIENTOS Julio



Temperatura media diaria, temperaturas reales,

Dirección de los vientos dominantes

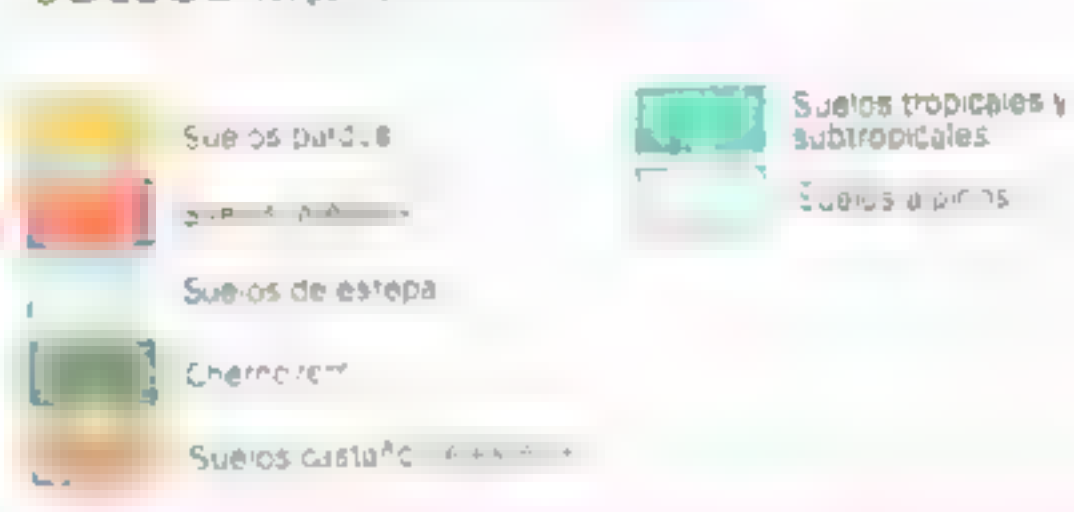
Calmas ecuatoriales



CLIMA EN RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS (REGIONES AGRÍCOLAS según Köppen y otros)



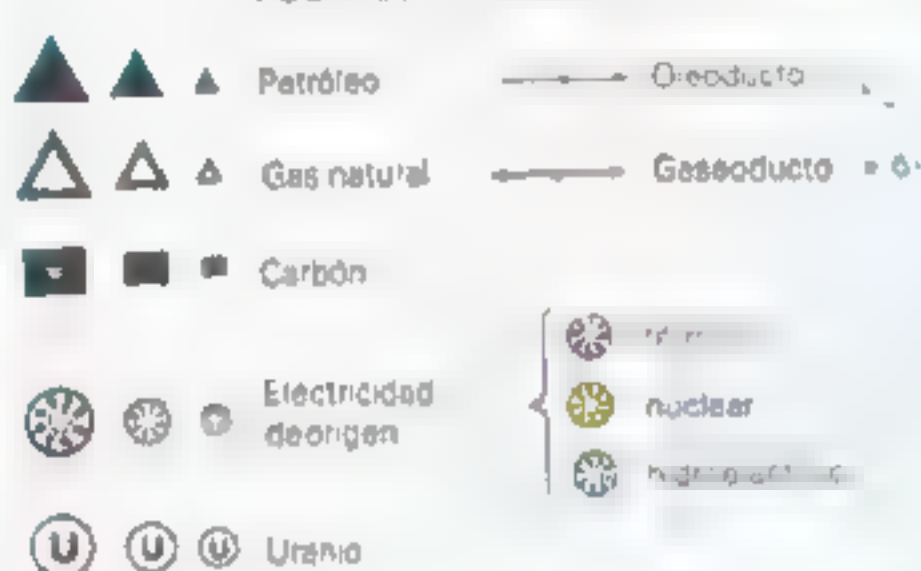
SUELOS (según Glinka, Merby y otros)



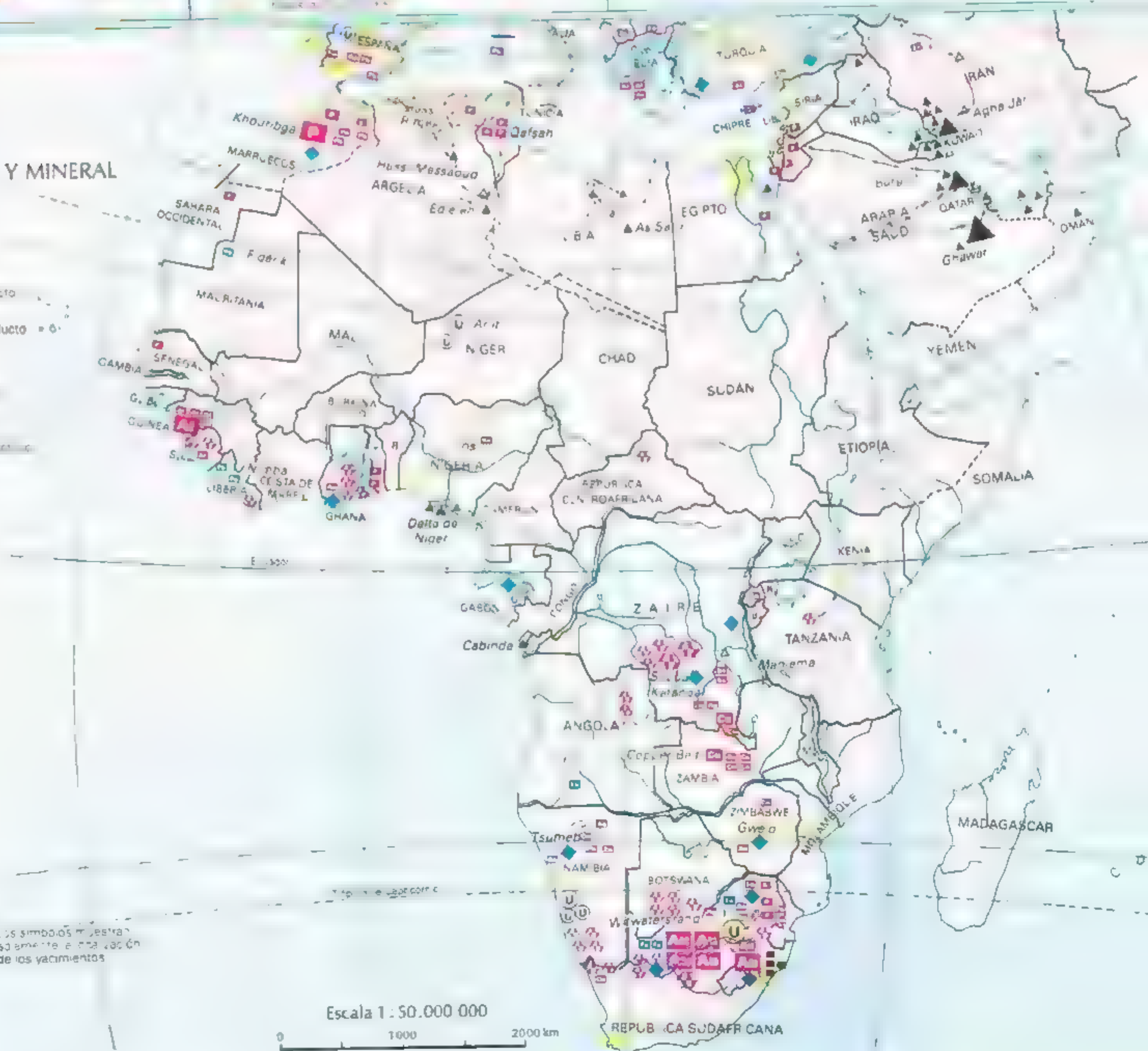
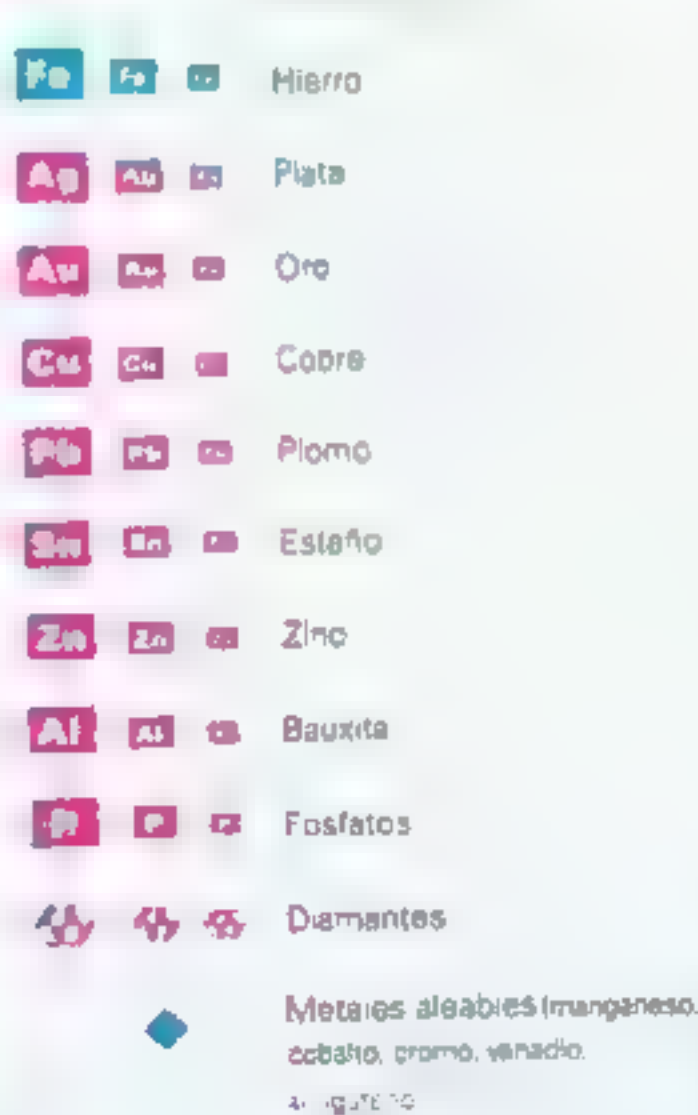
PRODUCCIÓN ENERGÉTICA Y MINERAL

de la producción mundial
10 5 1% promedio 1977-81

FUENTES DE ENERGÍA



MINERALES

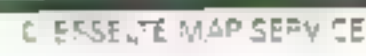


Basado en los estadísticos de la ONU

PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA DE MILLER

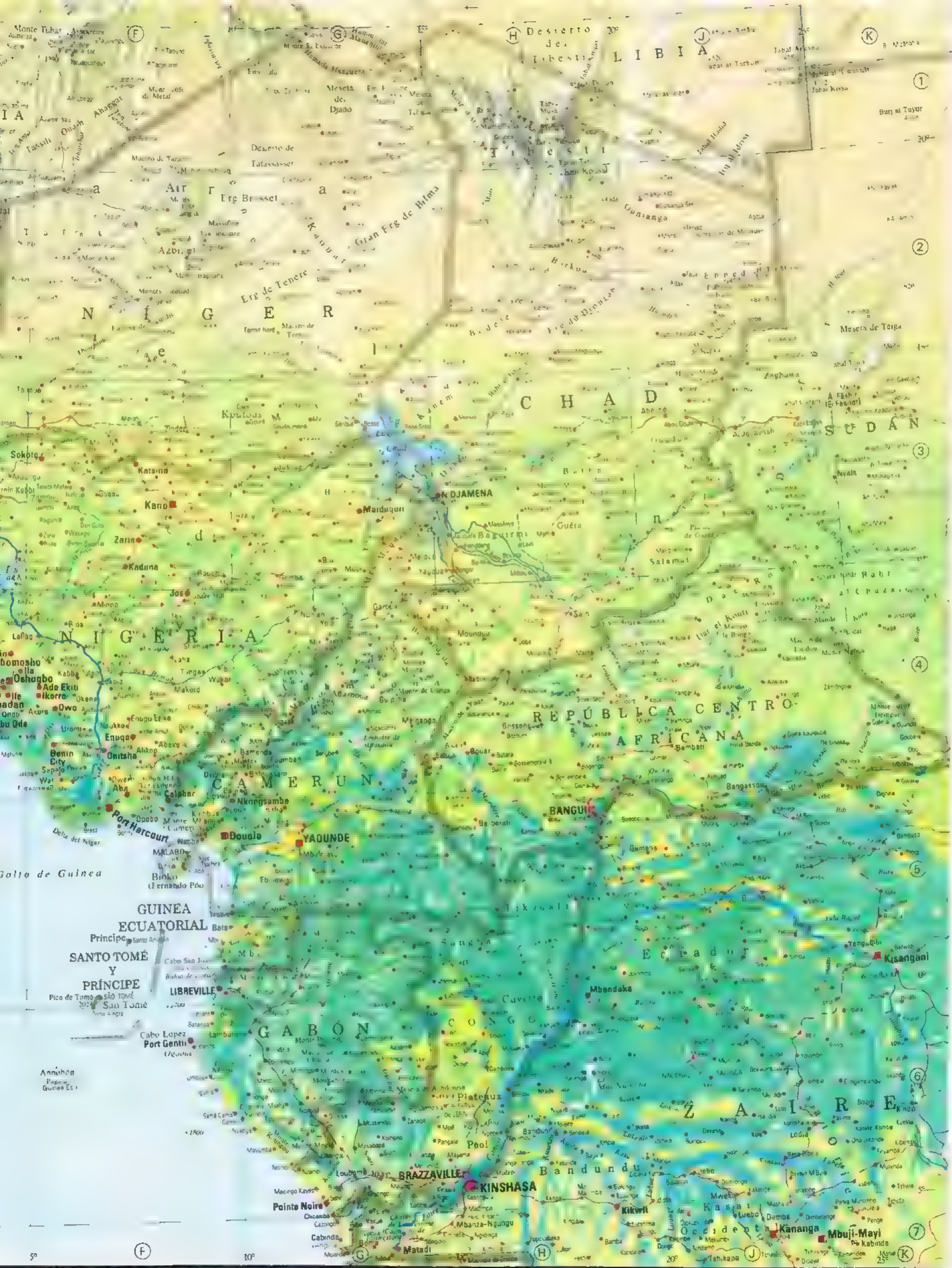




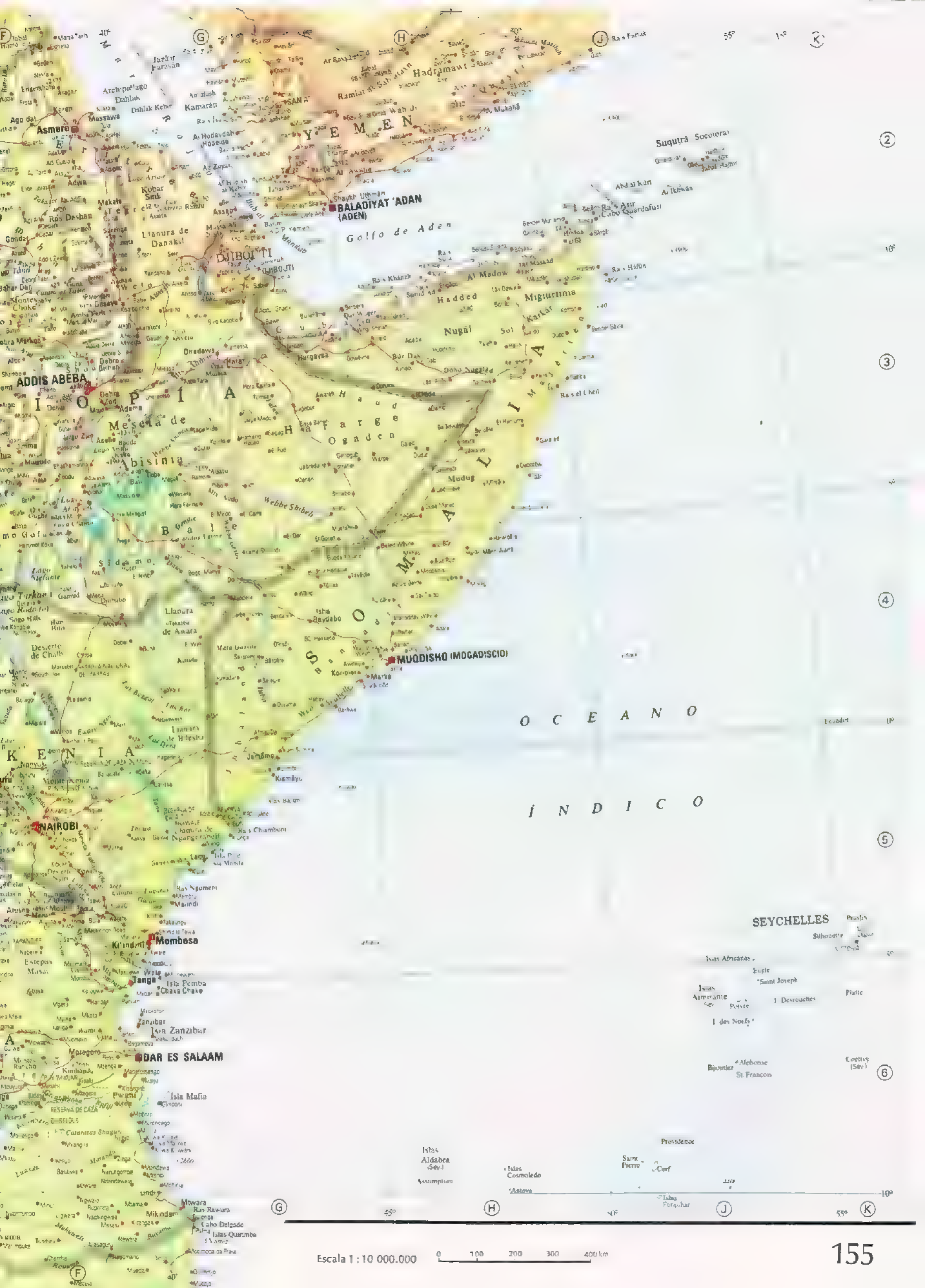












Escala 1:10 000.000

0 100 200 300 400 km





DIVISIÓN POLÍTICA

Nombres de los estados
y sus
abreviaciones usuales

AL	Alabama	PA	Pennsylvania
AK	Alaska	RI	Rhode Island
AZ	Arizona	SC	South Carolina
AR	Arkansas	SD	South Dakota
CA	California	TN	Tennessee
CO	Colorado	TX	Texas
CT	Connecticut	UT	Utah
DE	Delaware	VT	Vermont
FL	Florida	VA	Virginia
GA	Georgia	WA	Washington
H	Hawa	WV	West Virginia
ID	Idaho	W	Wisconsin
IL	Illinois	WY	Wyoming
IN	Indiana	DC	Distrito de Columbia (Distrito Federal)
IA	Iowa		
KS	Kansas		
KY	Kentucky		
LA	Louisiana		
ME	Maine		
MD	Maryland		
MA	Massachusetts		
MI	Michigan		
MN	Minnesota		
MS	Mississippi		
MO	Missouri		
MT	Montana		
NE	Nebraska		
NV	Nevada		
NH	New Hampshire		
NJ	New Jersey		
NM	New Mexico		
NY	New York		
NC	North Carolina		
ND	North Dakota		
OH	Ohio		
OK	Oklahoma		
OR	Oregon		



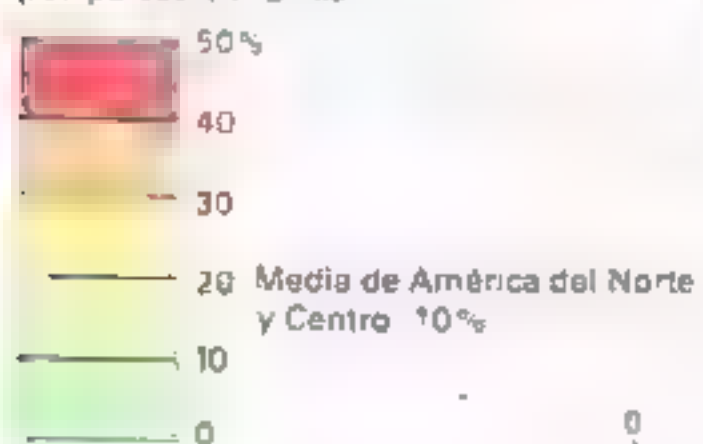
POBLACIÓN

Distribución de la
población 1985

- 500 000 habitantes
- 2 a 4 millones de habitantes
- Ciudades con suburbios en millones

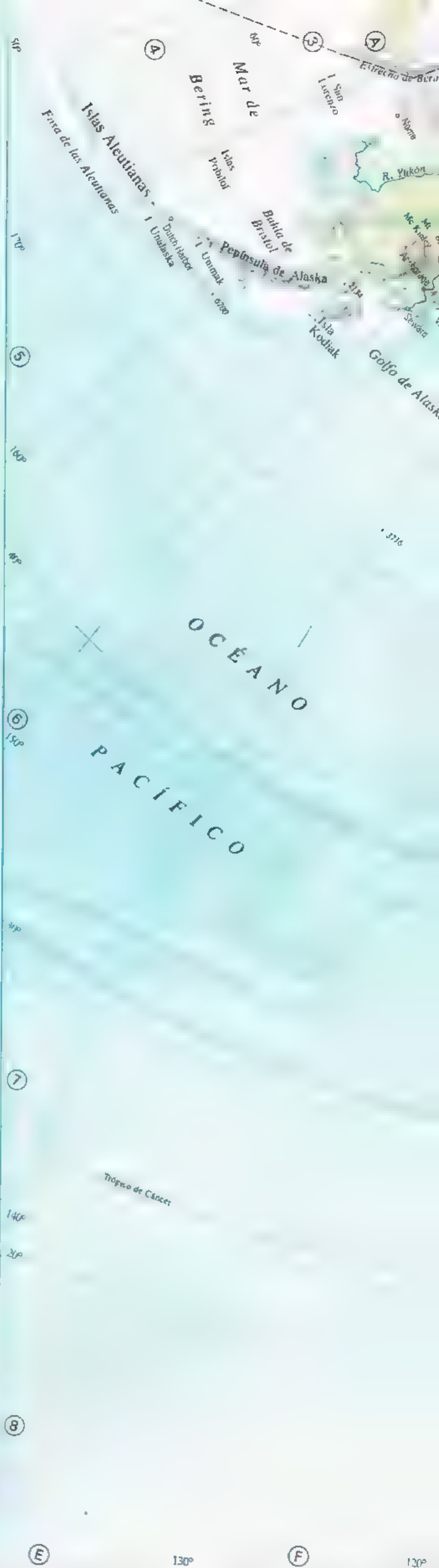
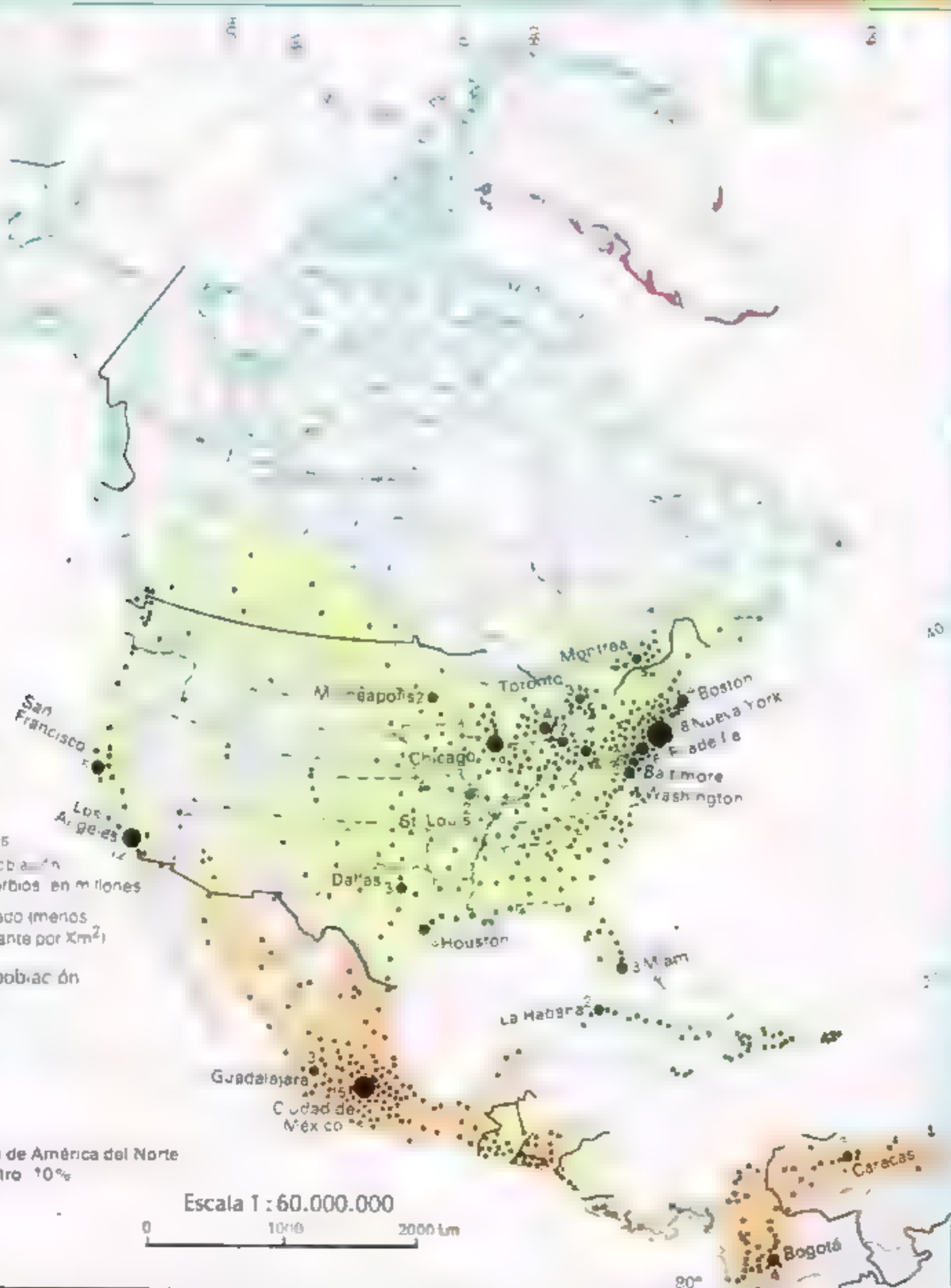
Densidad (menos
de 1 habitante por Km²)

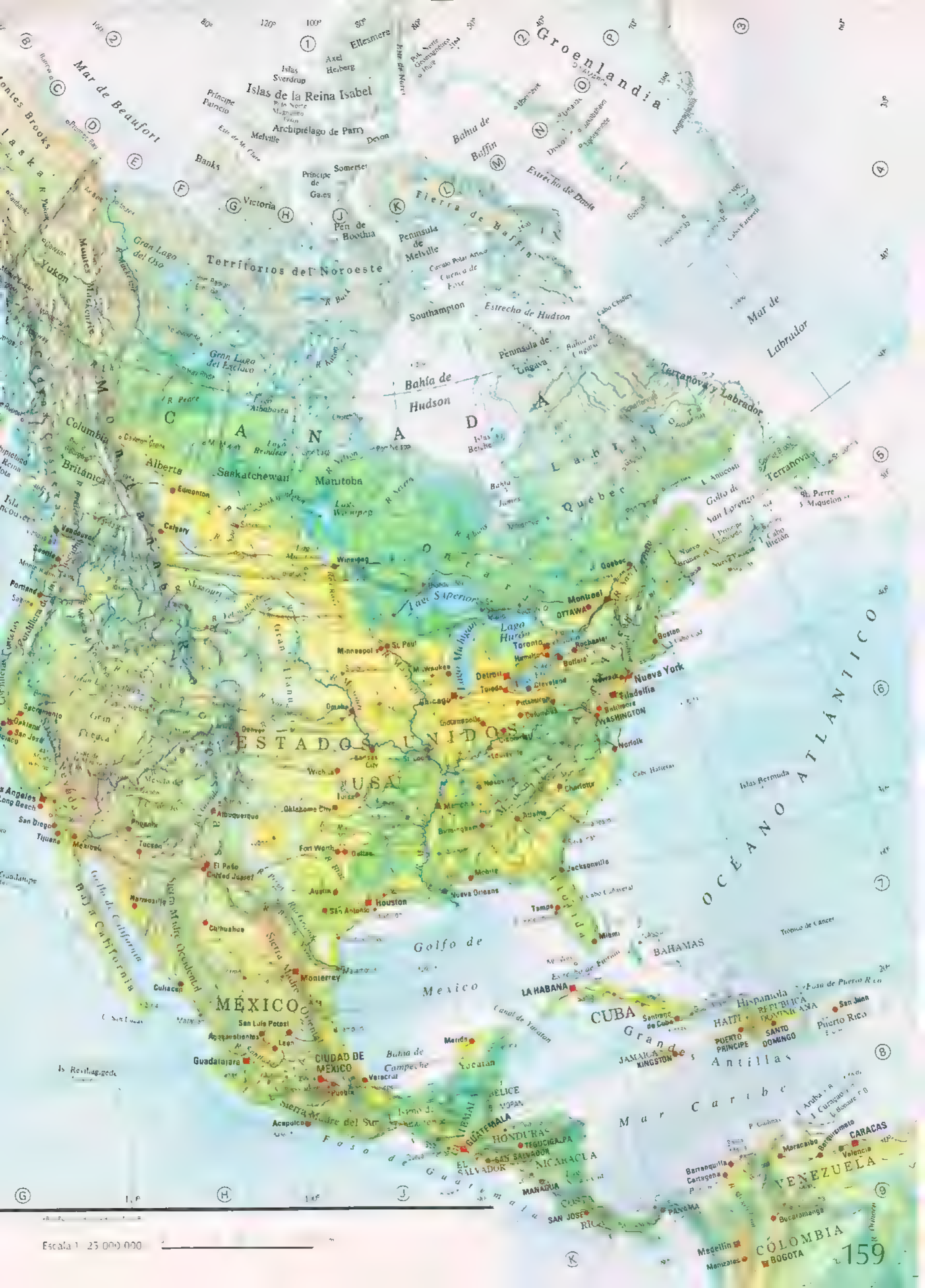
Crecimiento de la población
por países 1975-85

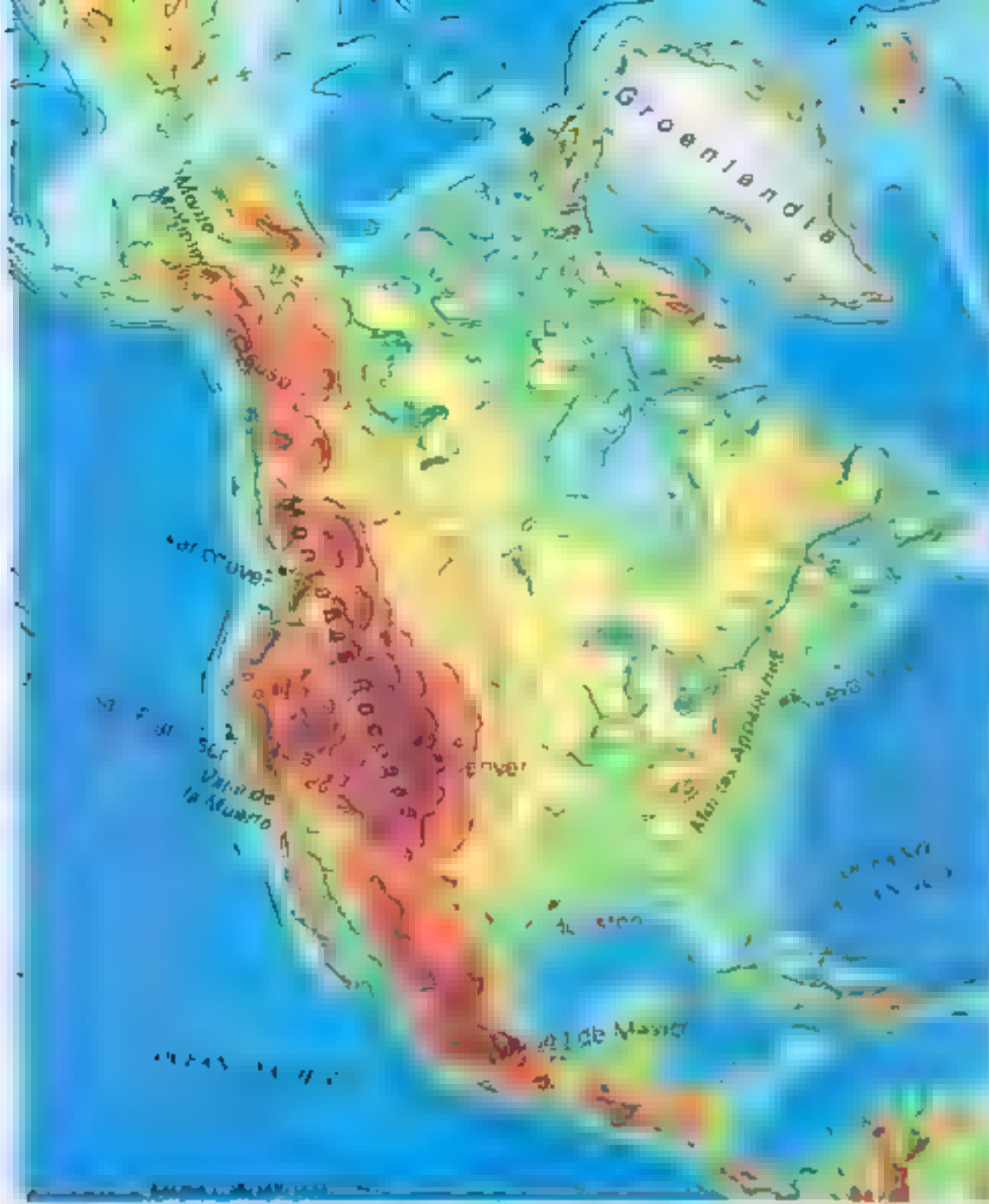


Escala 1 : 60.000.000

0 1000 2000 km







Altura sobre el nivel del mar en metros



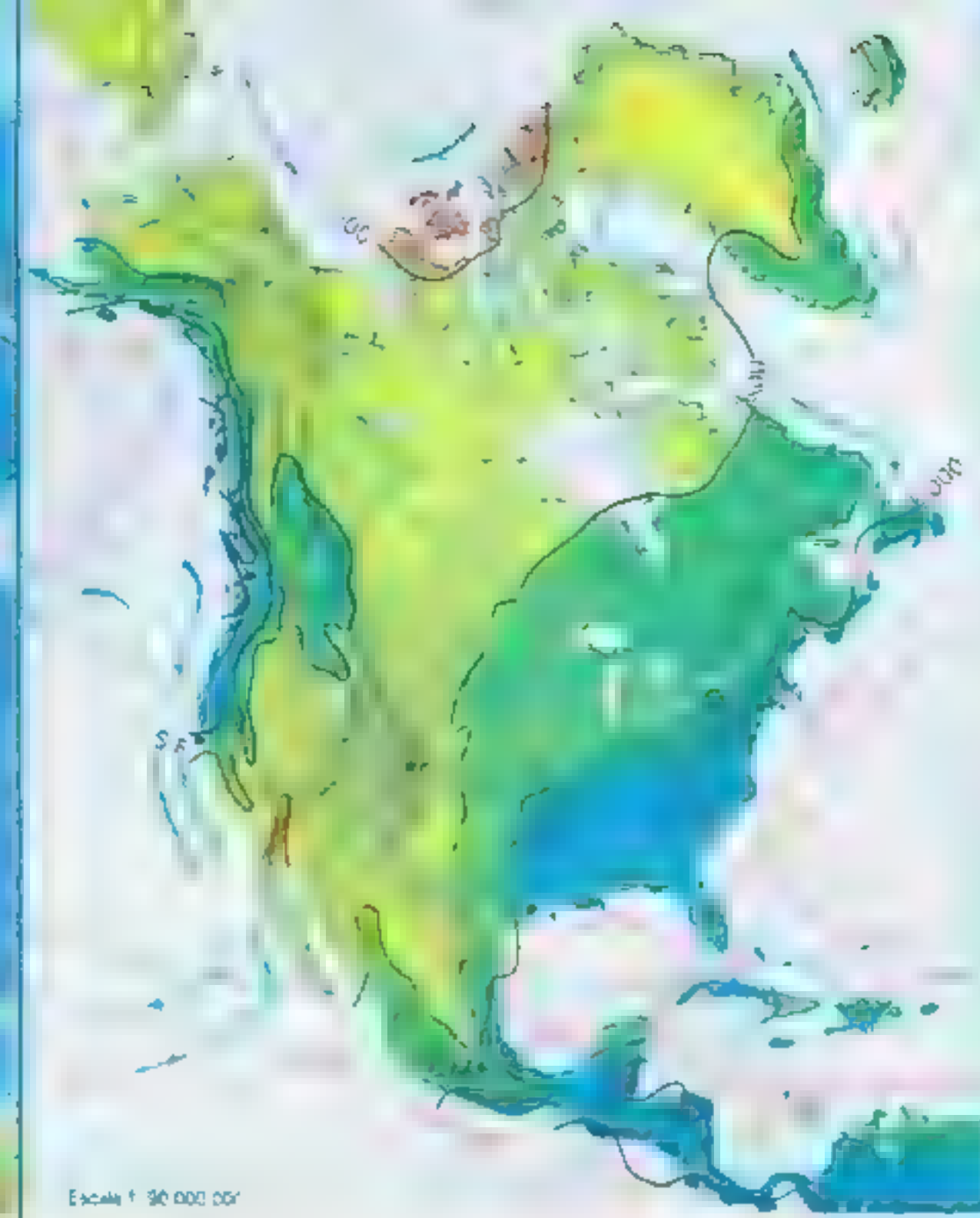
Profundidad en metros

Profundidad en metros



Glaciares casquetes de hielo

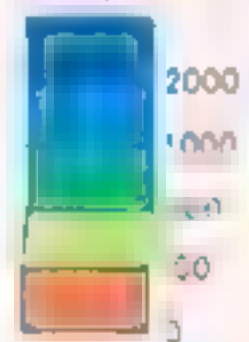
RELIEVE



Escala 1:30.000.000

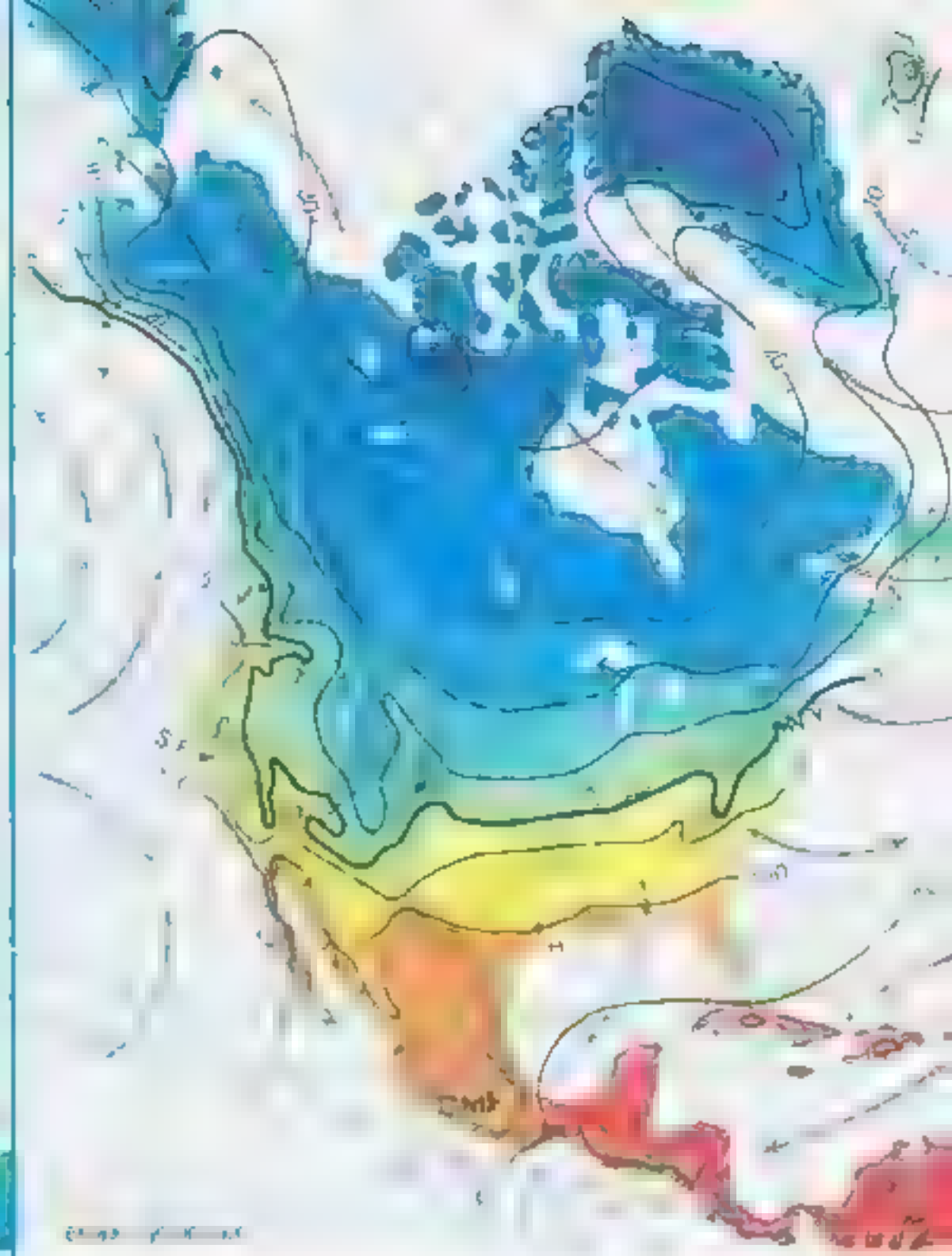
PRECIPITACIONES ANUALES, CORRIENTES OCEÁNICAS

Precipitaciones anuales (mm)



Corriente oceánica fría en la superficie en julio

Corriente oceánica cálida en la superficie en julio



TEMPERATURAS, VIENTOS

Enero



Temperatura media diaria (temperaturas reales)

Dirección de los vientos dominantes

Calmas ecuatoriales

PRODUCCIONES AGRARIAS

10 5 1% de la producción mundial promedio 1977-81

- Trigo, centeno
- Maíz
- Aroz
- Mijo, sorgo
- Papas
- Copra
- Cacahuates
- Acero de Palma
- Sémilas de soja
- Uvas
- Cítricos
- Plátanos
- Dátiles
- Café
- Cacao
- Té
- Tabaco
- Azúcar de caña
- Azúcar de remolacha
- Algodón

10 5 Millones de cabezas

- Ganado vacuno
- Ganado ovino
- Ganado porcino

- Tierra cultivable
- Pastos
- Explotaciones forestales
- Otros bosques
- Principales zonas de pesca
- Otras zonas de pesca
- Tierras no productivas
- Glaciares, casquetes de hielo

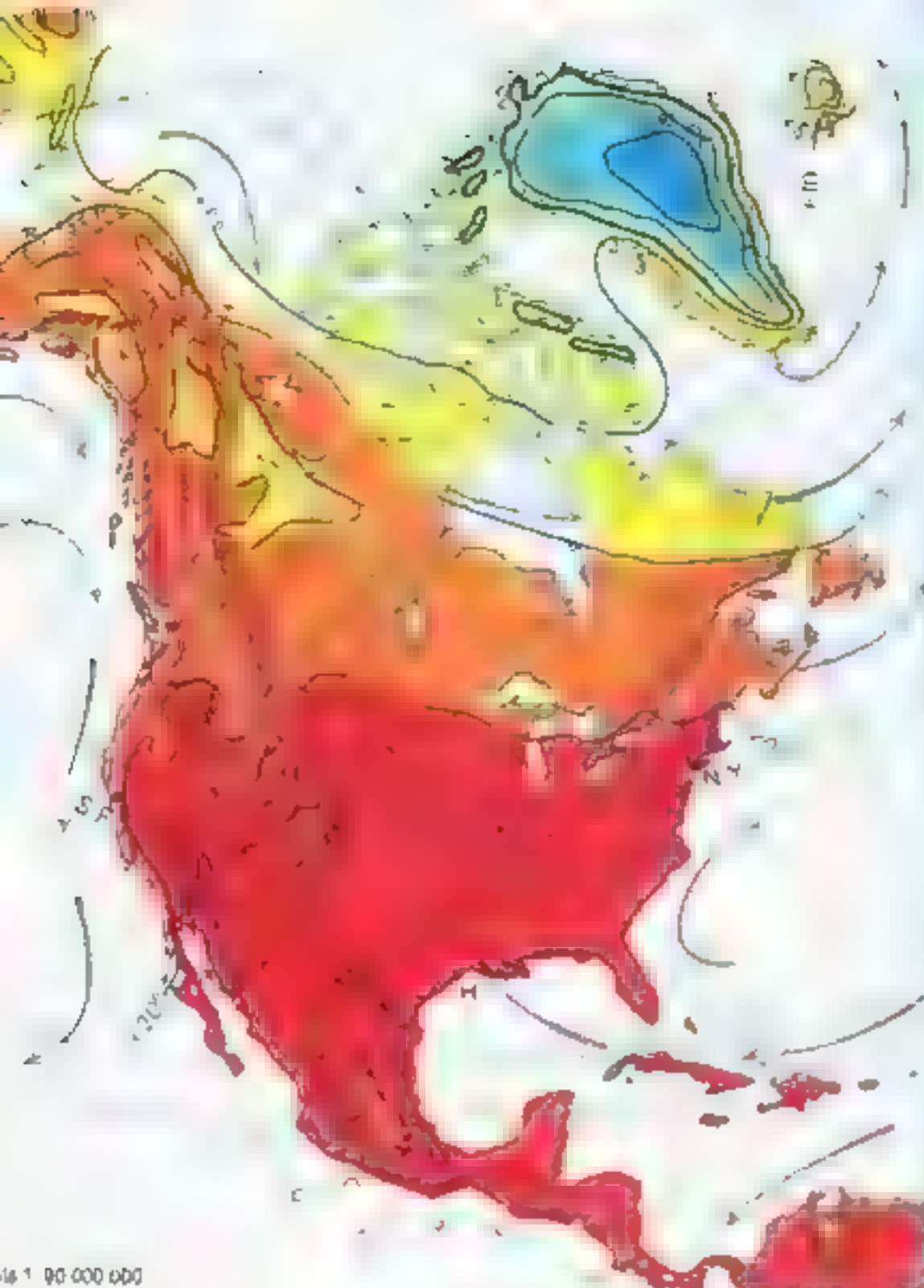
Basado en las estadísticas de la ONU



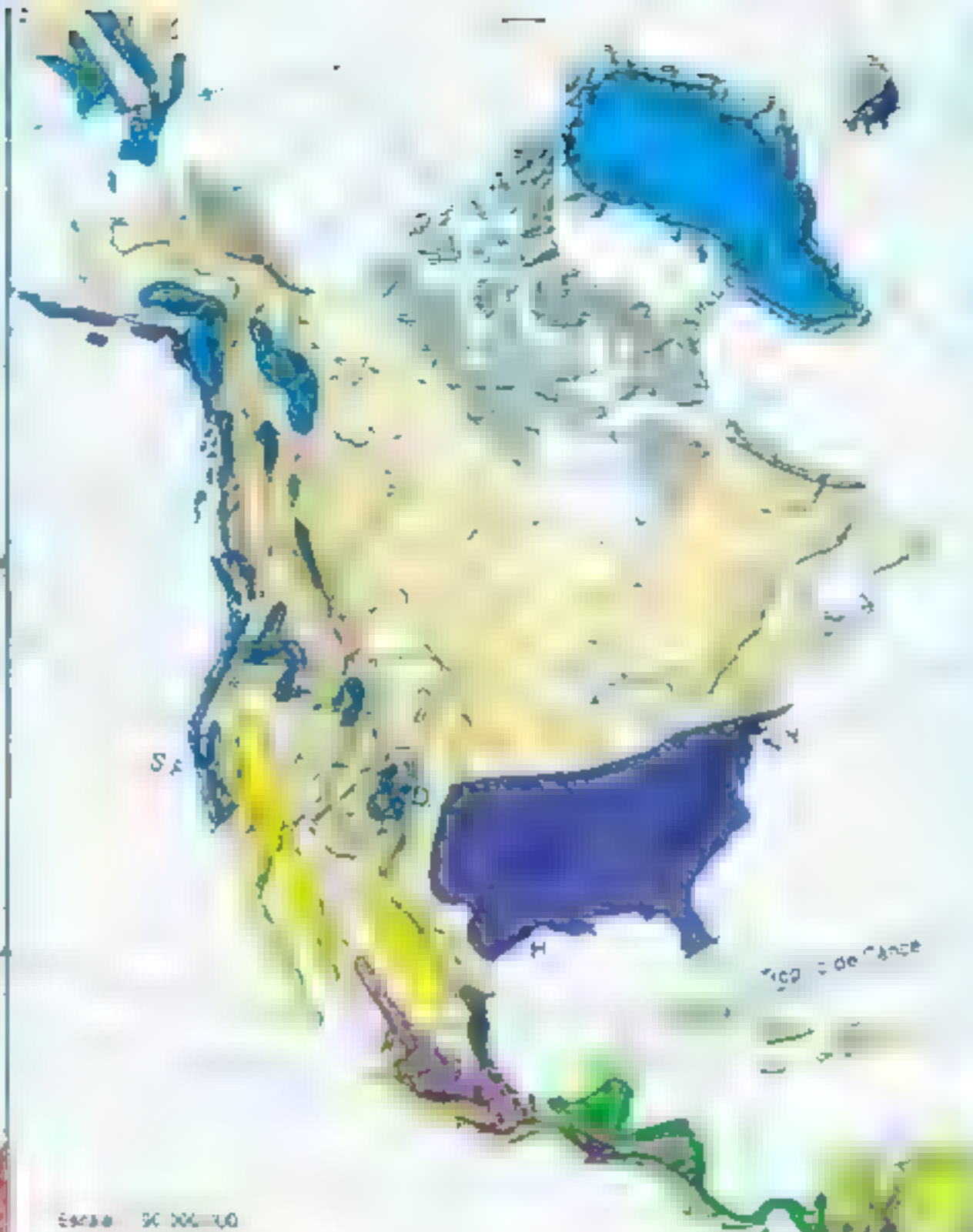
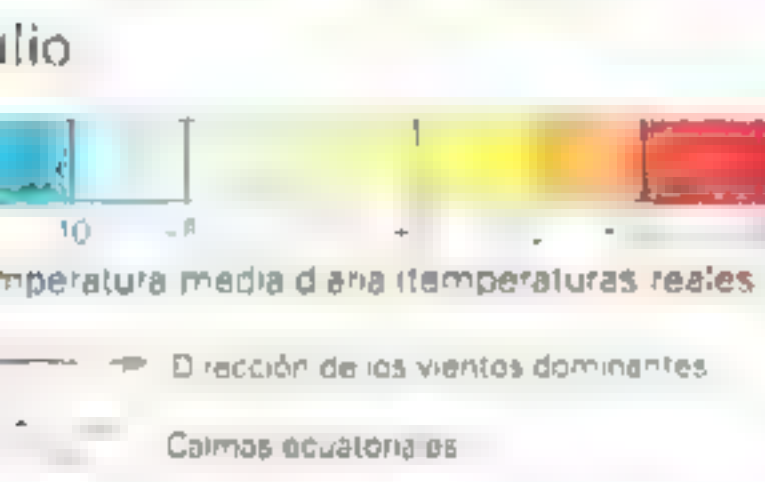
Escala 1:50.000.000

0 1000 2000 km

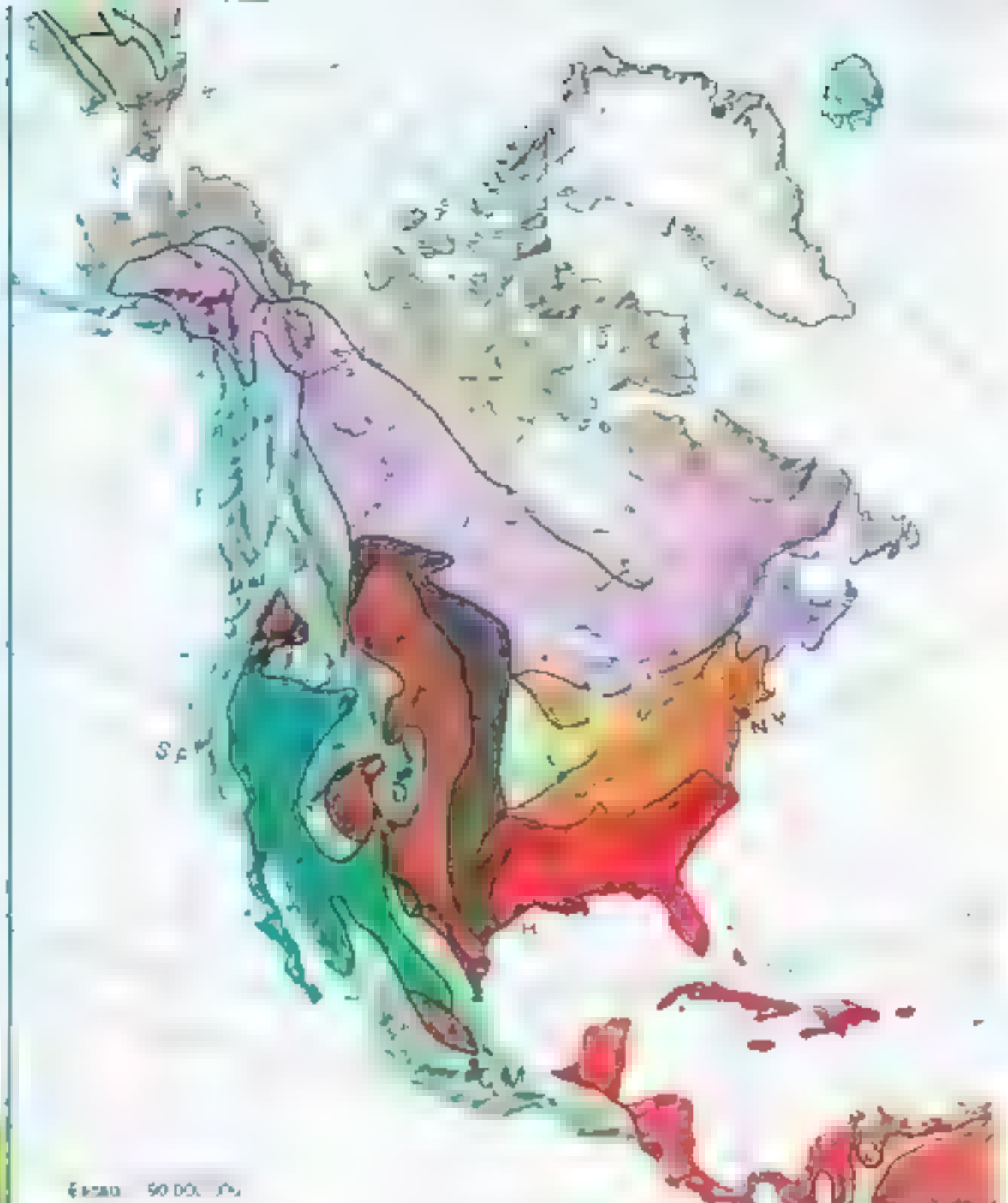
© ESSELTE MAP SERVICE



TEMPERATURAS, VIENTOS



CLIMA EN RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS (REGIONES AGRICOLAS) (según Köppen y otros)

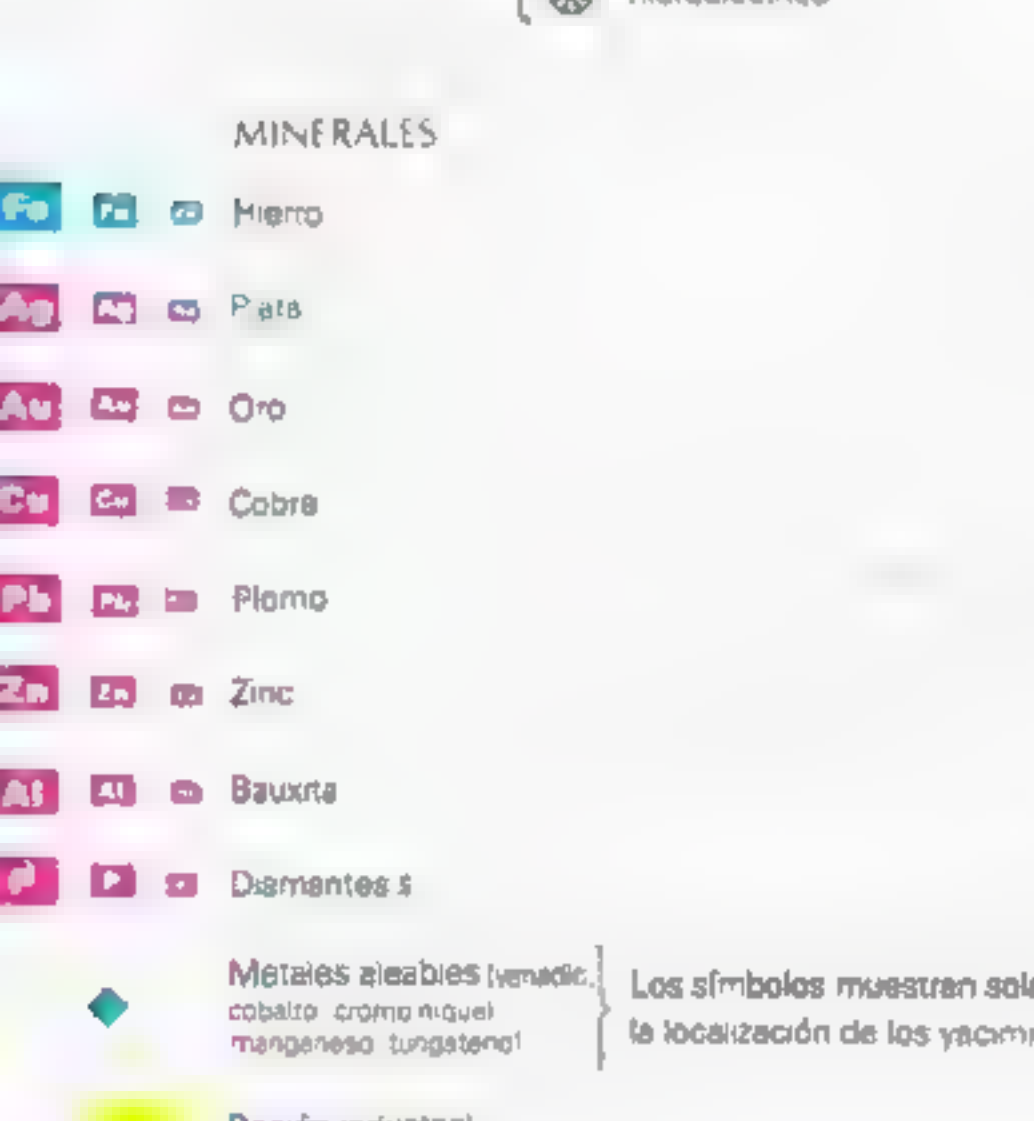
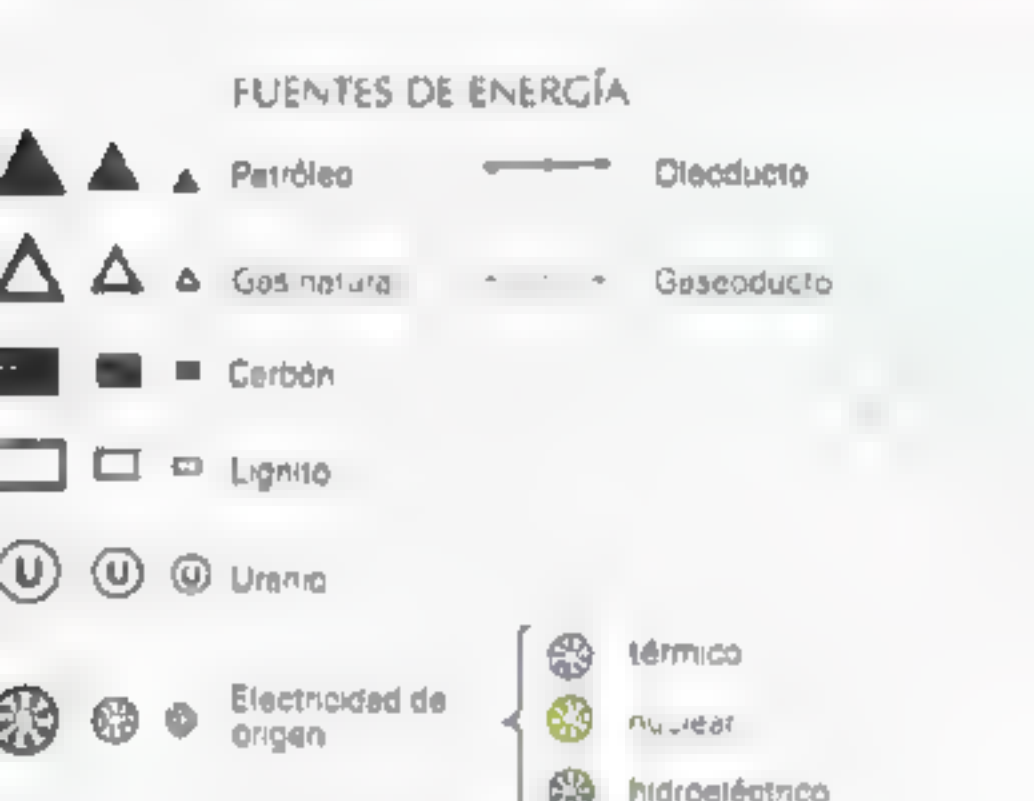


SUELOS (según Glinka, Marbut y otros)



PRODUCCIÓN ENERGÉTICA Y MINERAL

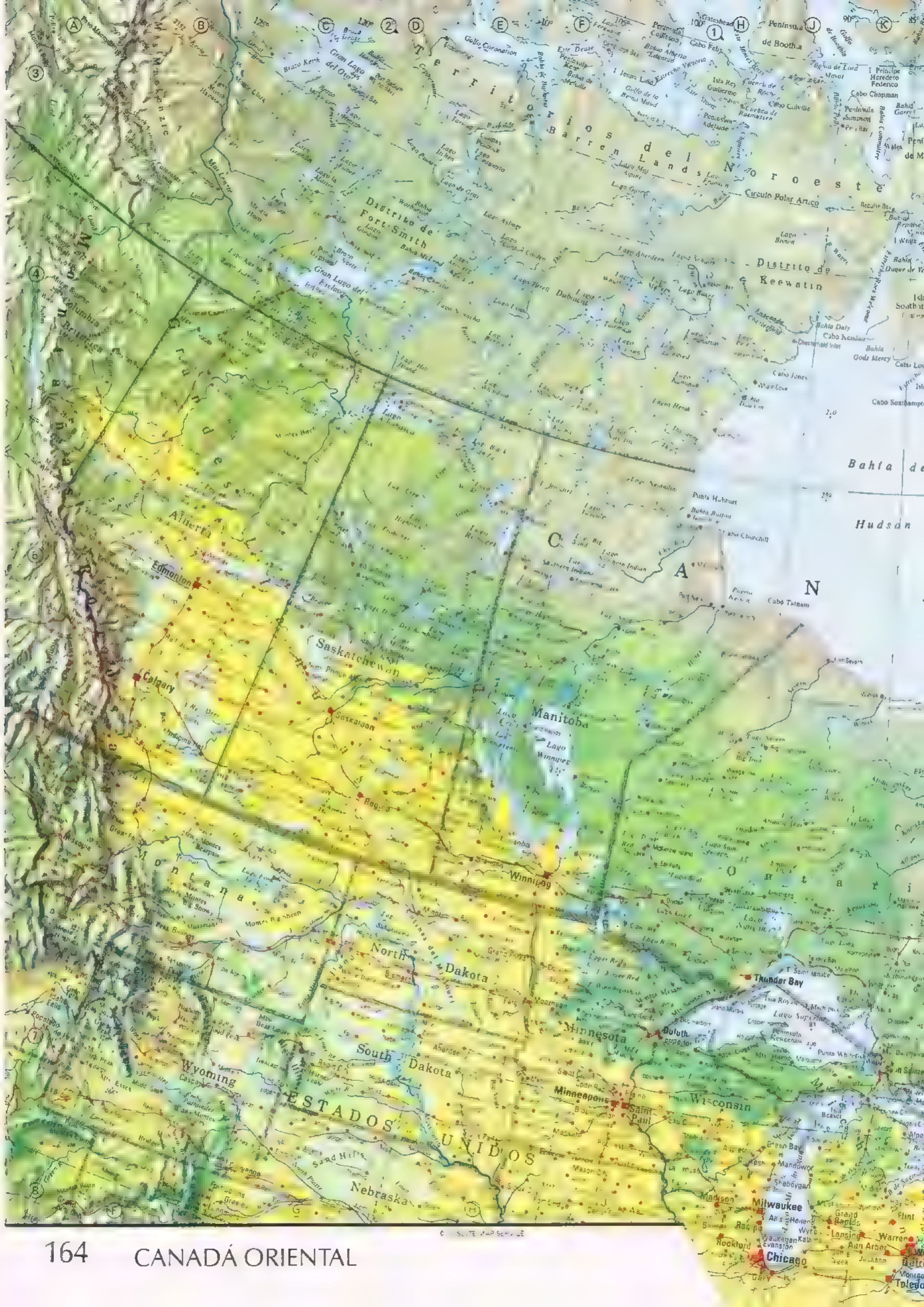
10 5 1% de la producción mundial Promedio 1977-81



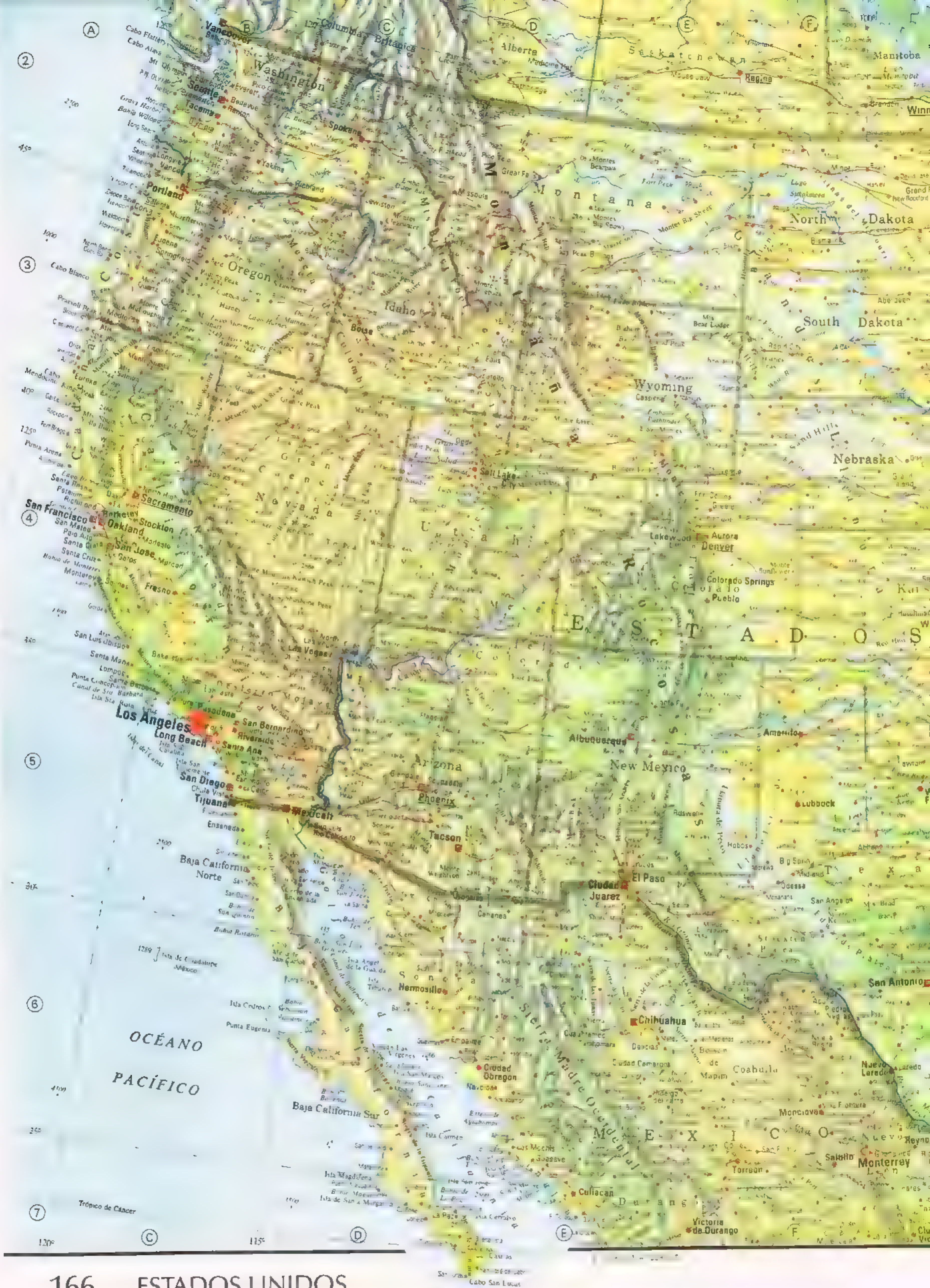
Basado en las estadísticas de la O.P.E.C.



C. ESCENTE MAP SERVICE



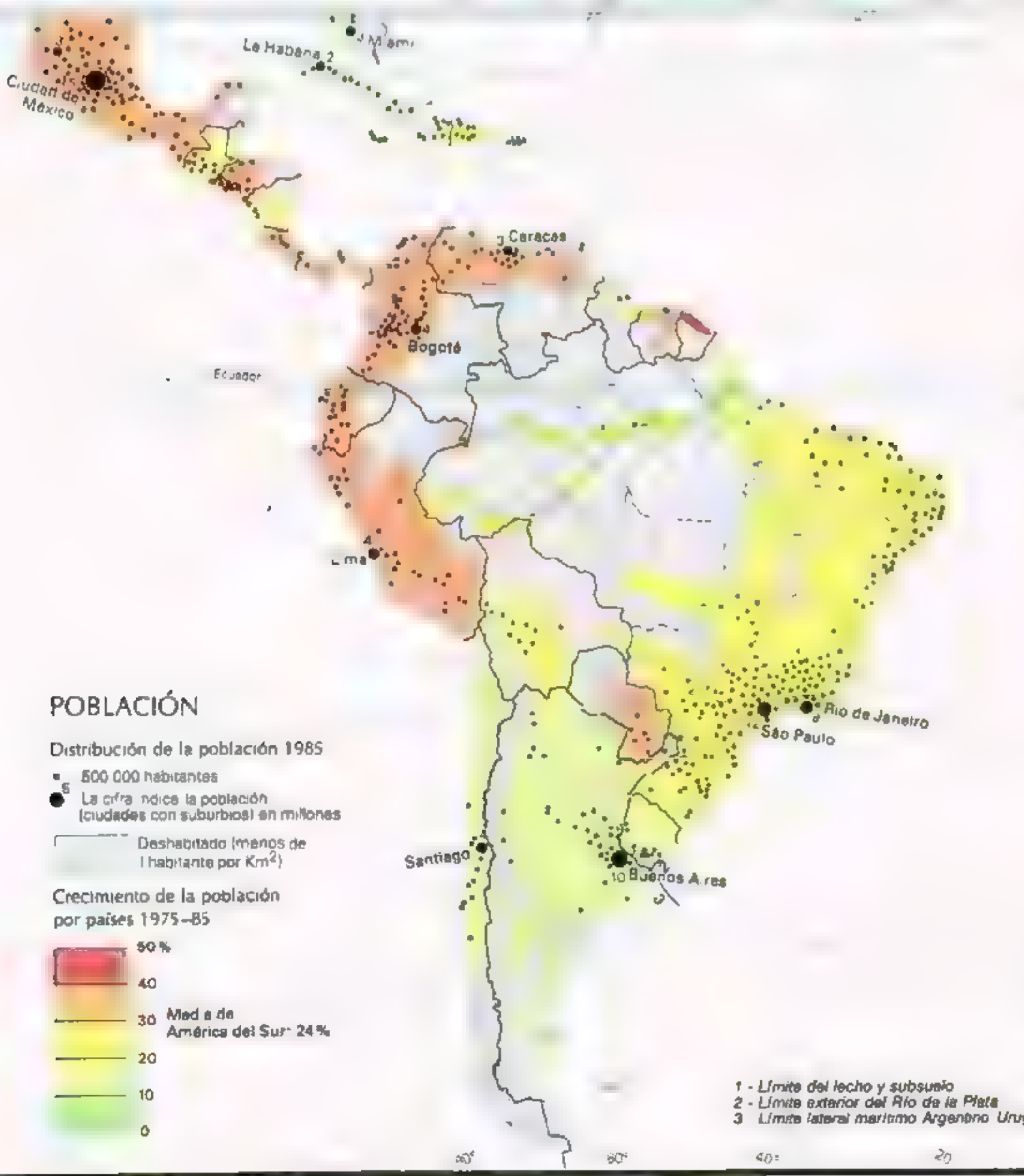




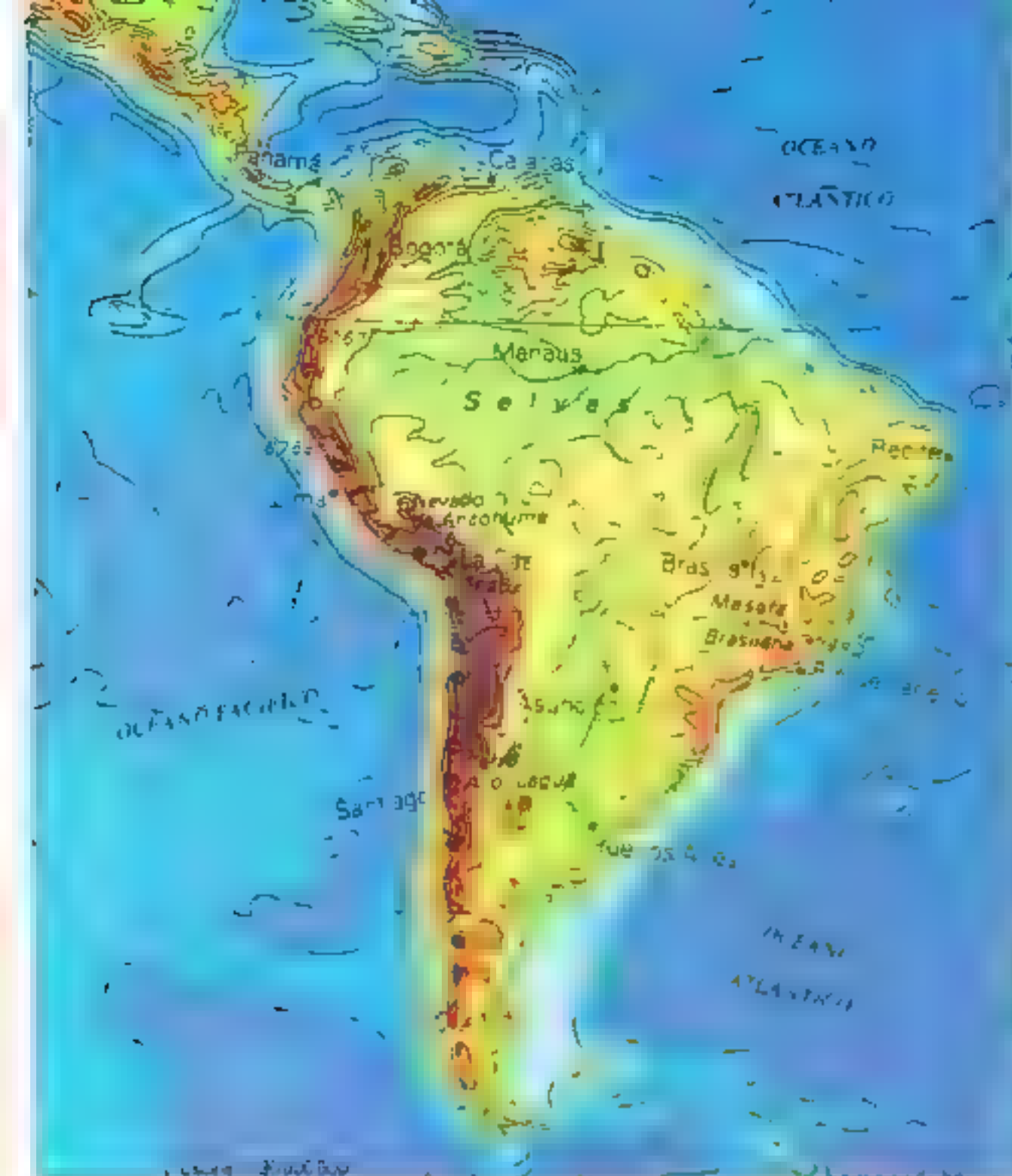






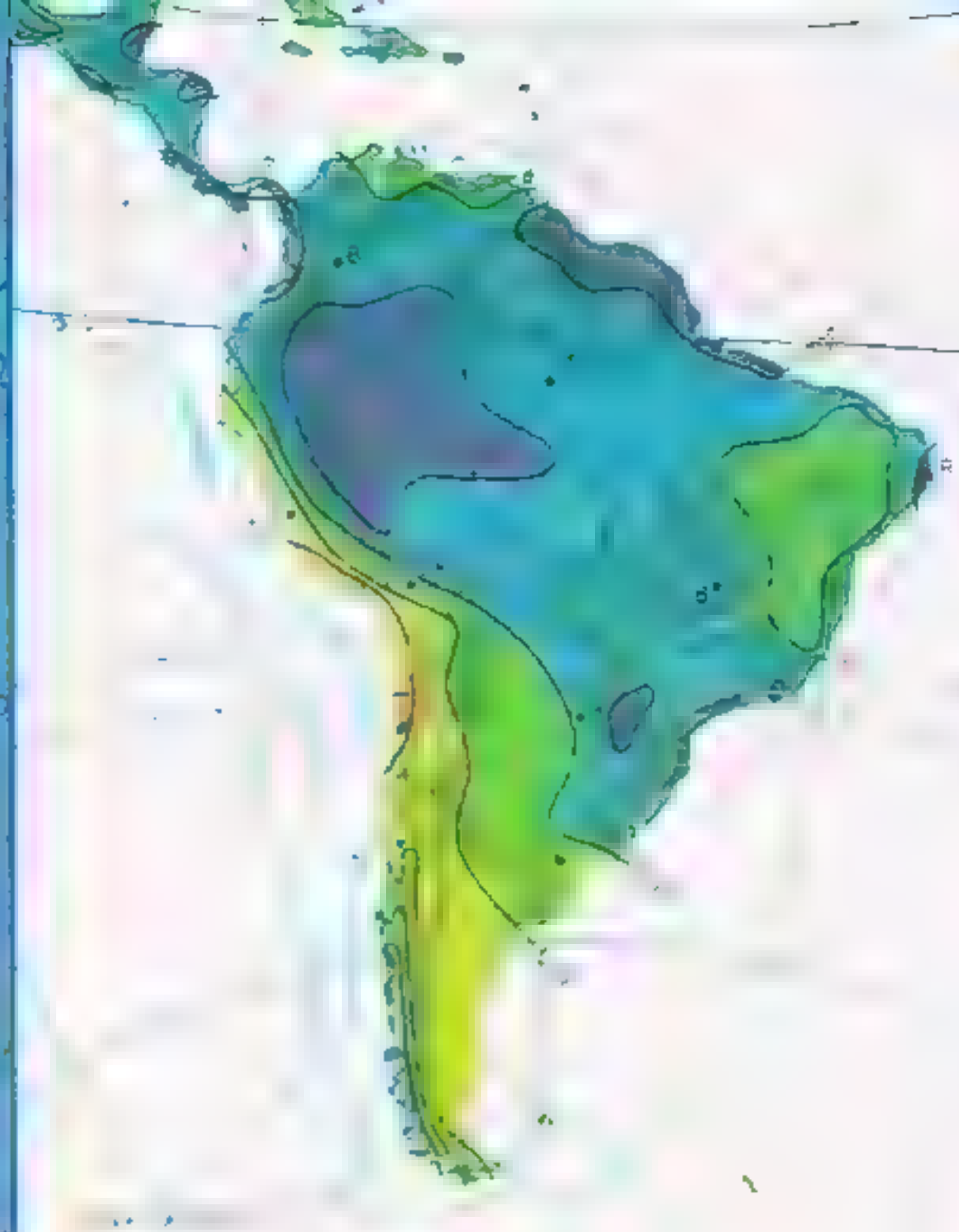
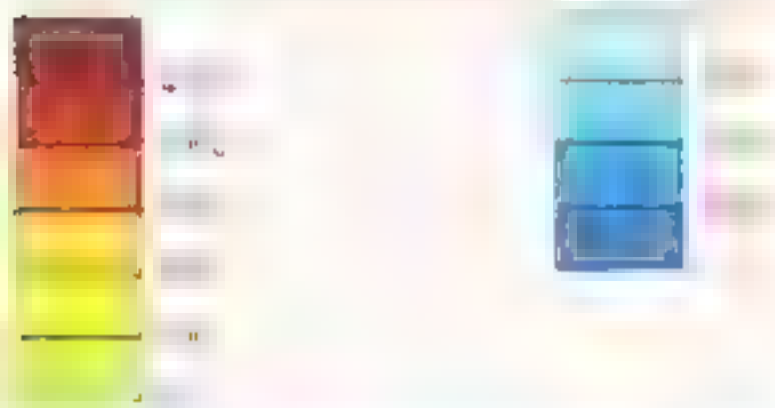






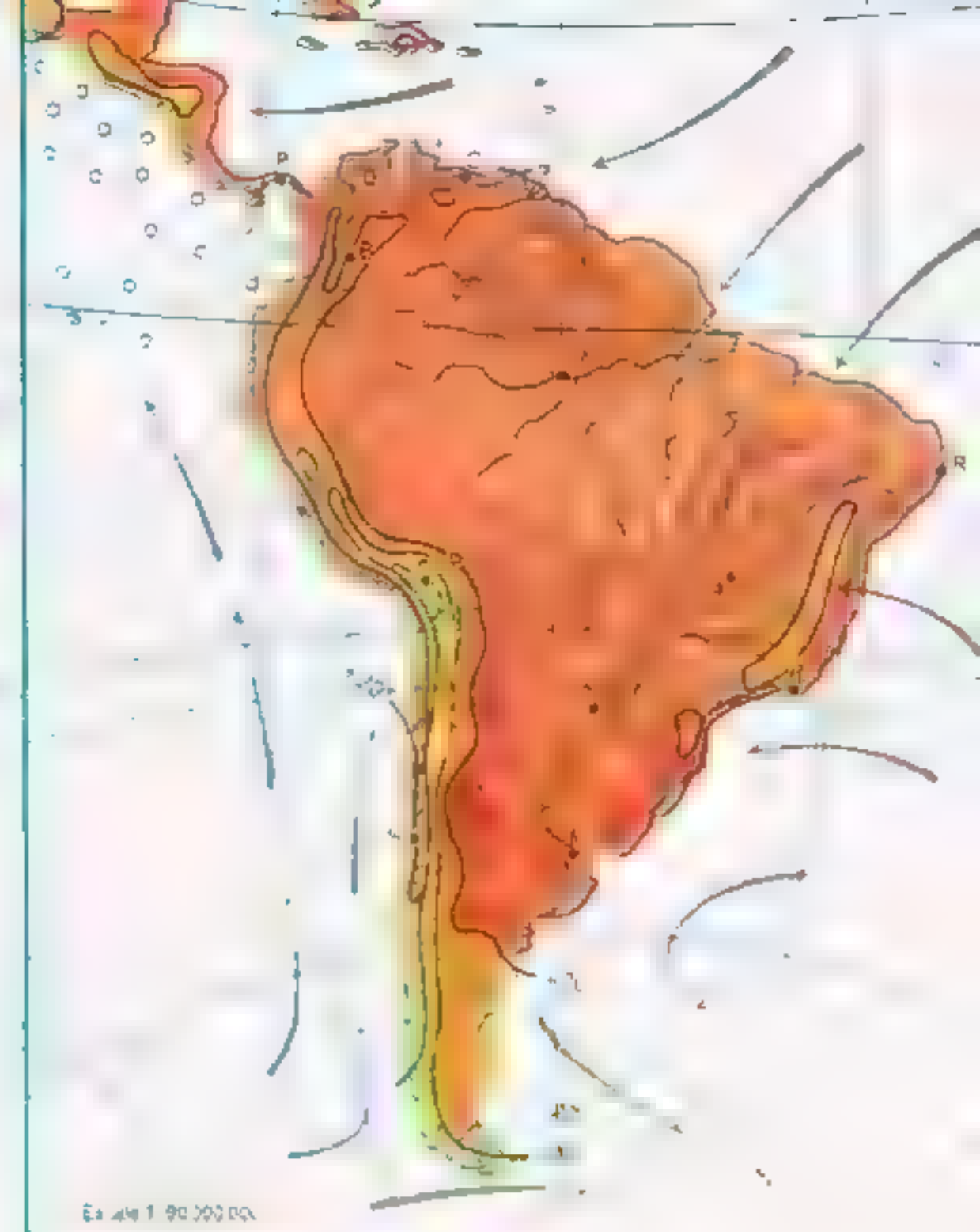
RELIEVE

Altura sobre el nivel del mar Profundidad



PRECIPITACIONES ANUALES, CORRIENTES OCEÁNICAS

Precipitaciones anuales (mm)



TEMPERATURAS, VIENTOS Enero



PRODUCCIONES AGRARIAS

10 5 1% de la producción mundial promedio 1977-81



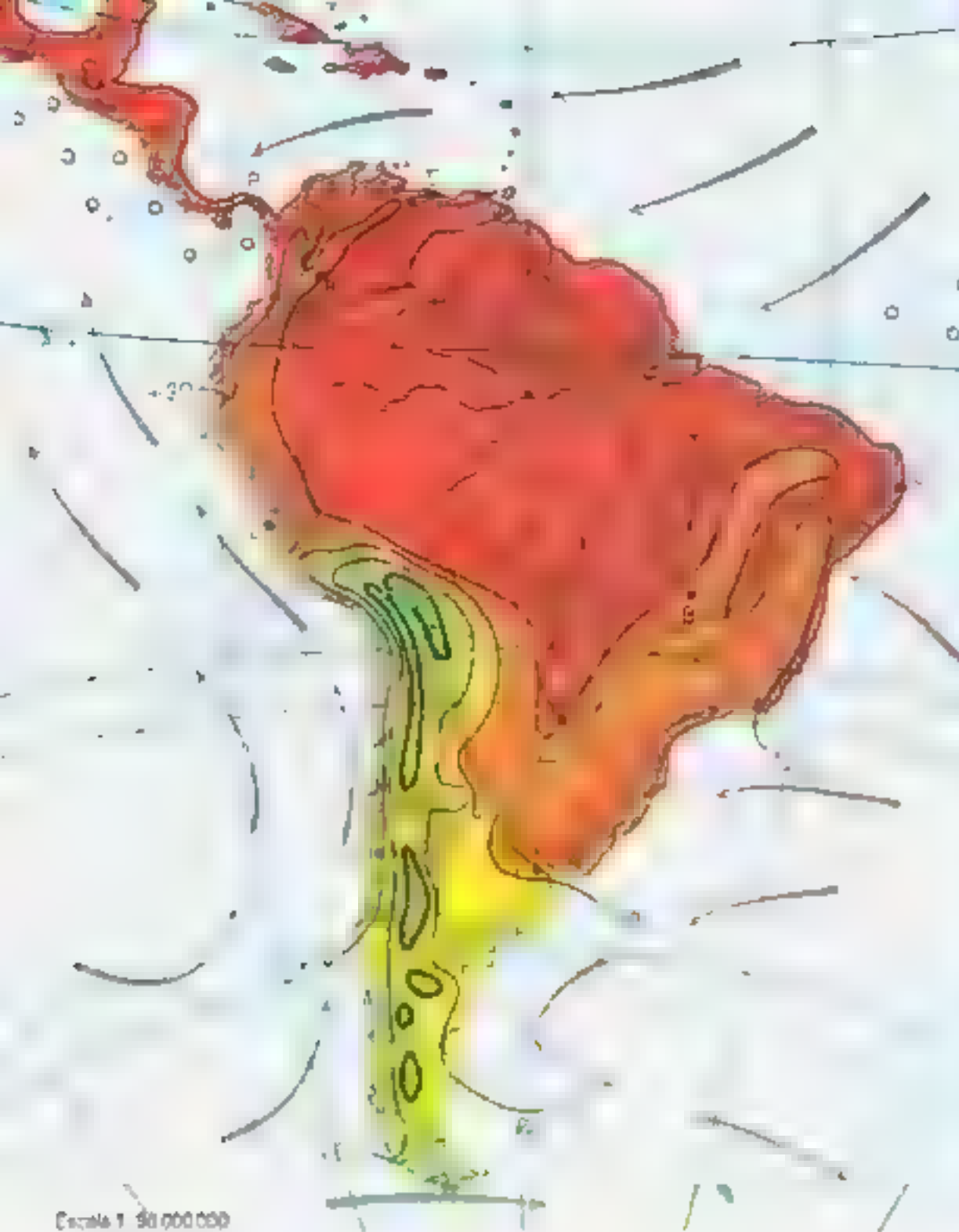
1 - Límite del lecho y subsuelo
2 - Límite exterior del Río de la Plata
3 - Límite lateral marítimo Argentino-Urugayo

Escala 1 : 50.000.000

0 1000 2000 km

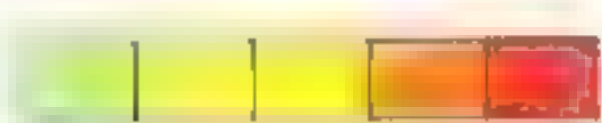
Basado en las estadísticas de la FAO

© ESSELTE MAP SERVICE



TEMPERATURAS, VIENTOS

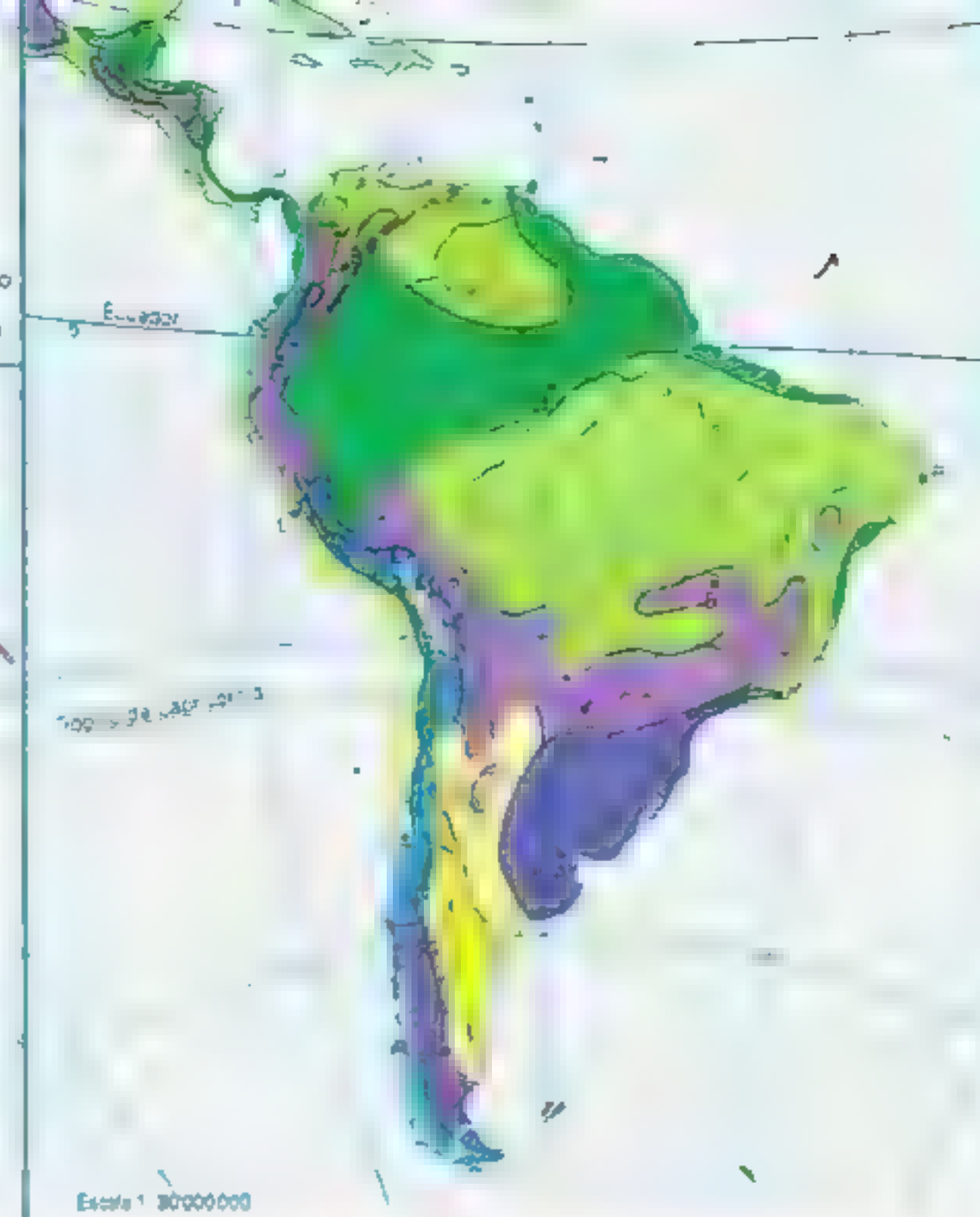
Julio



Temperatura media diaria (temperaturas reales)

→ Dirección de los vientos dominantes

○ Calmas ecuatoriales



CLIMA EN RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS

REGIONES AGRÍCOLAS, según Köppen y otros.

Climas tropicales húmedos:

■ Clima de bosque tropical

■ Clima de sabana

Climas secos:

■ Clima de estepa

■ Clima desierto

Climas marítimos:

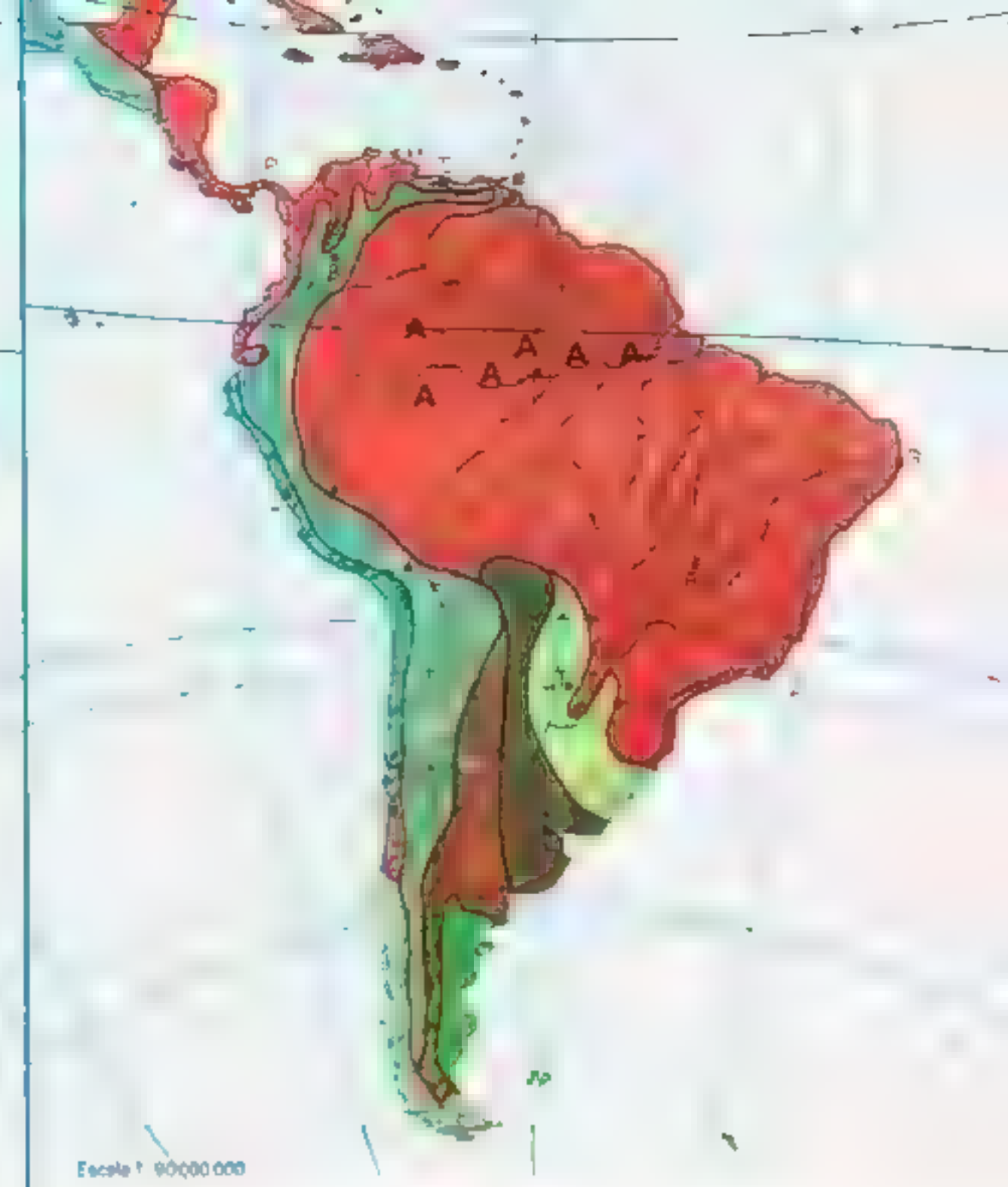
■ con veranos secos

■ con inviernos secos

■ con precipitaciones en todas las estaciones

Climas fríos

■ climas alpinos y árticos



SUELOS

(según Glinka, Marbut y otros)

■ Tundra

■ Suelos de estepa

■ Chernozem

■ Suelos castaños de estepa

■ Suelos tropicales y subtropicales

■ Suelos aluviales

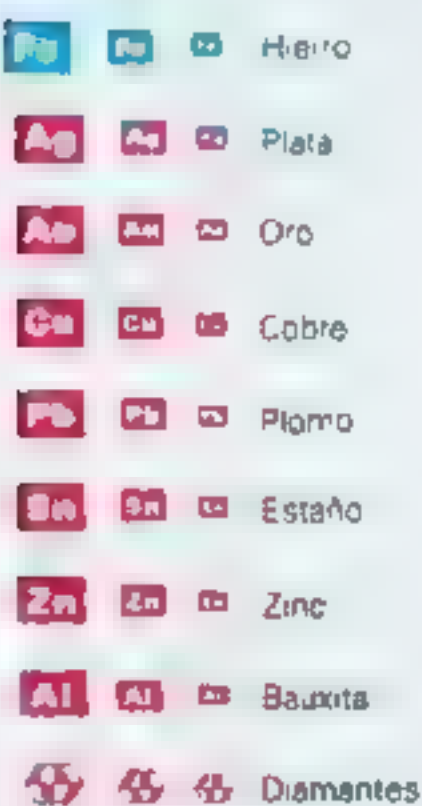
PRODUCCIÓN ENERGÉTICA Y MINERAL

10 5 1% de la producción mundial promedio 1977-81

FUENTES DE ENERGÍA



MINERALES



Metales aleables
(cromo, manganeso, níquel,
tungsteno)

Los símbolos muestran solamente
la localización de los yacimientos

Región Industrial



Escala 1:50.000.000

0 1000 2000 km

1 - Límite del techo y subsuelo
2 - Límite exterior del Río de la Plata
3 - Límite lateral marítimo Argentino-Uruguayo

Basado en las estadísticas de la ONU

PROYECCIÓN BIPOLAR DE MILLER

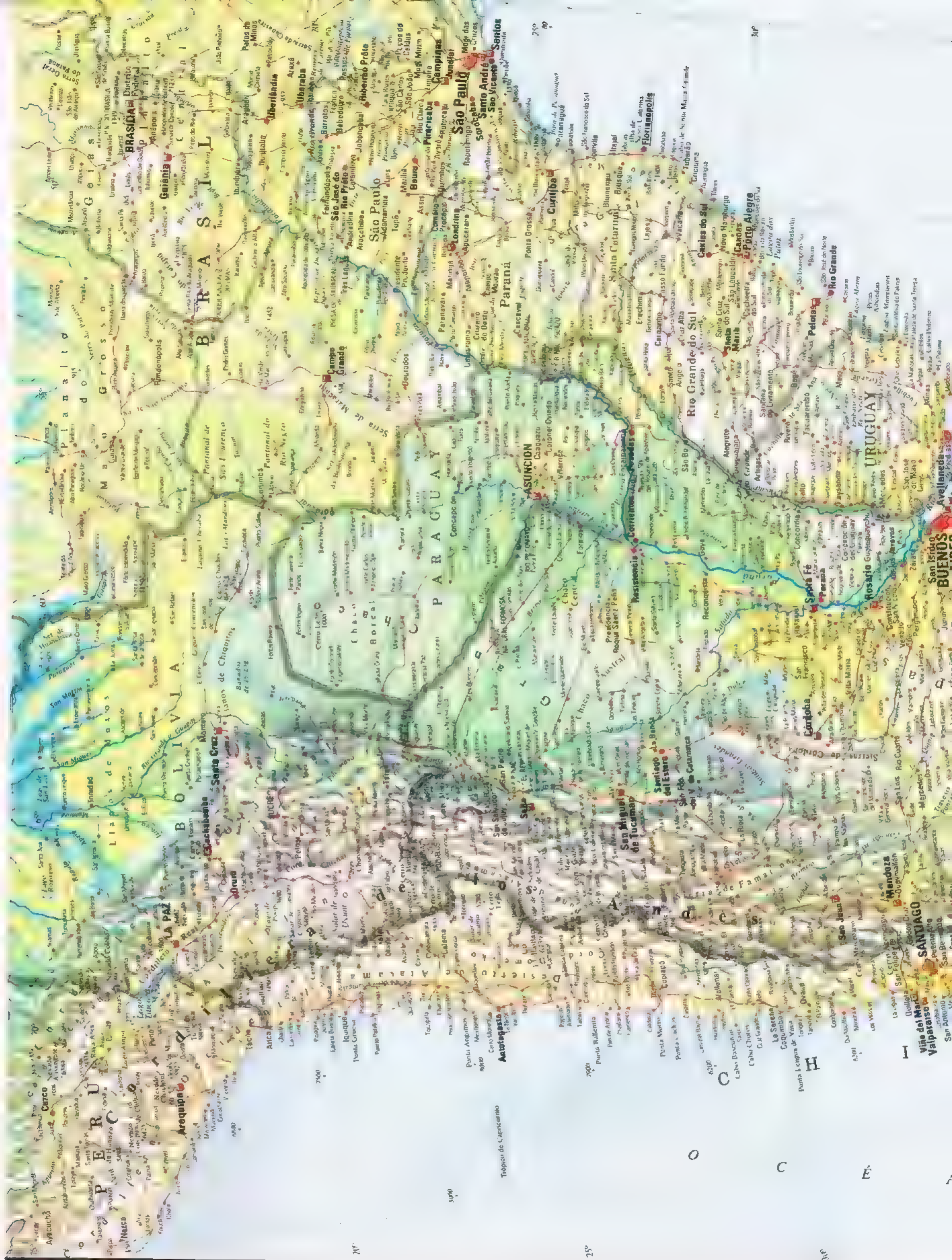


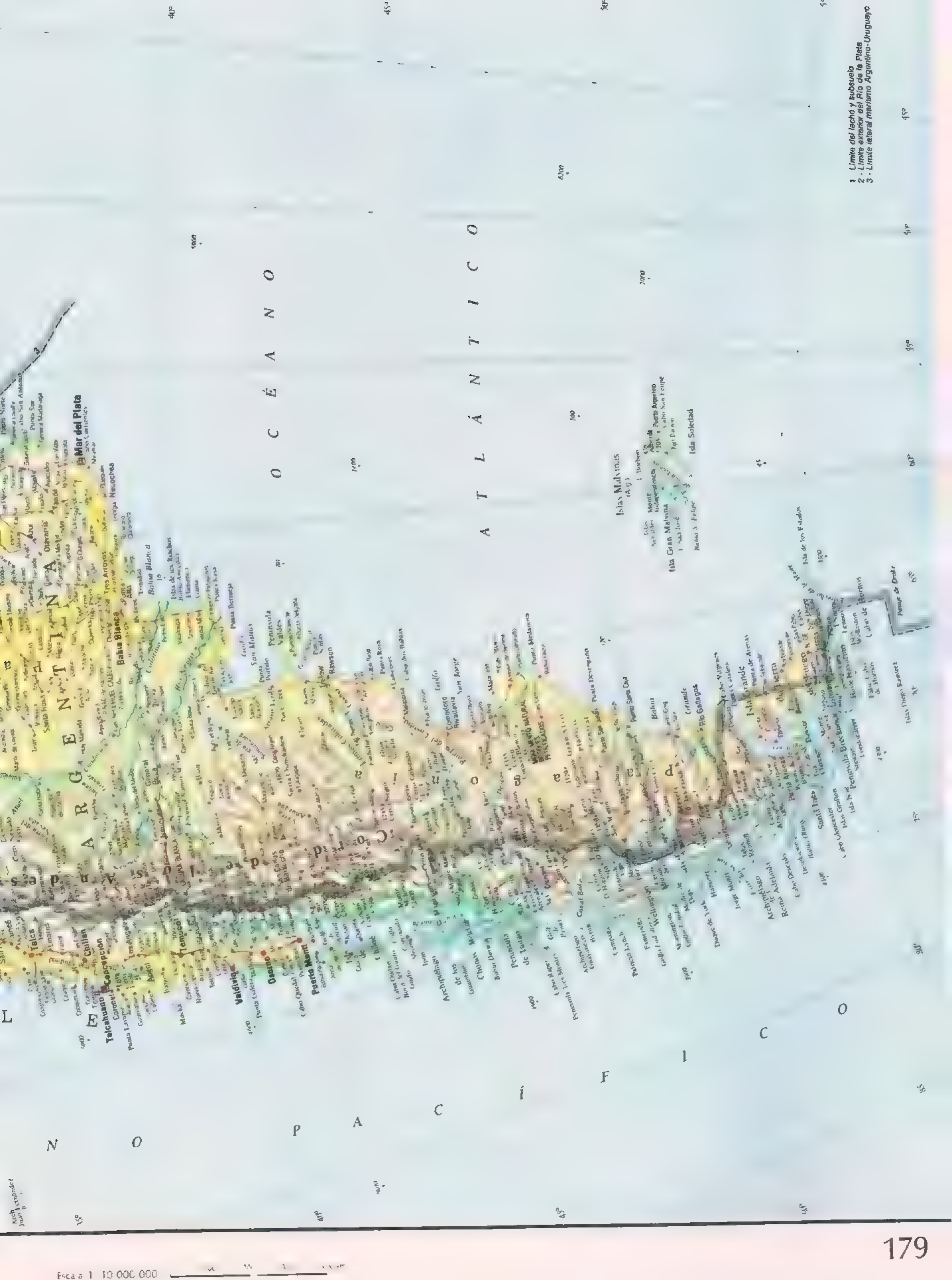


O C E A N O
A T L Á N T I C O



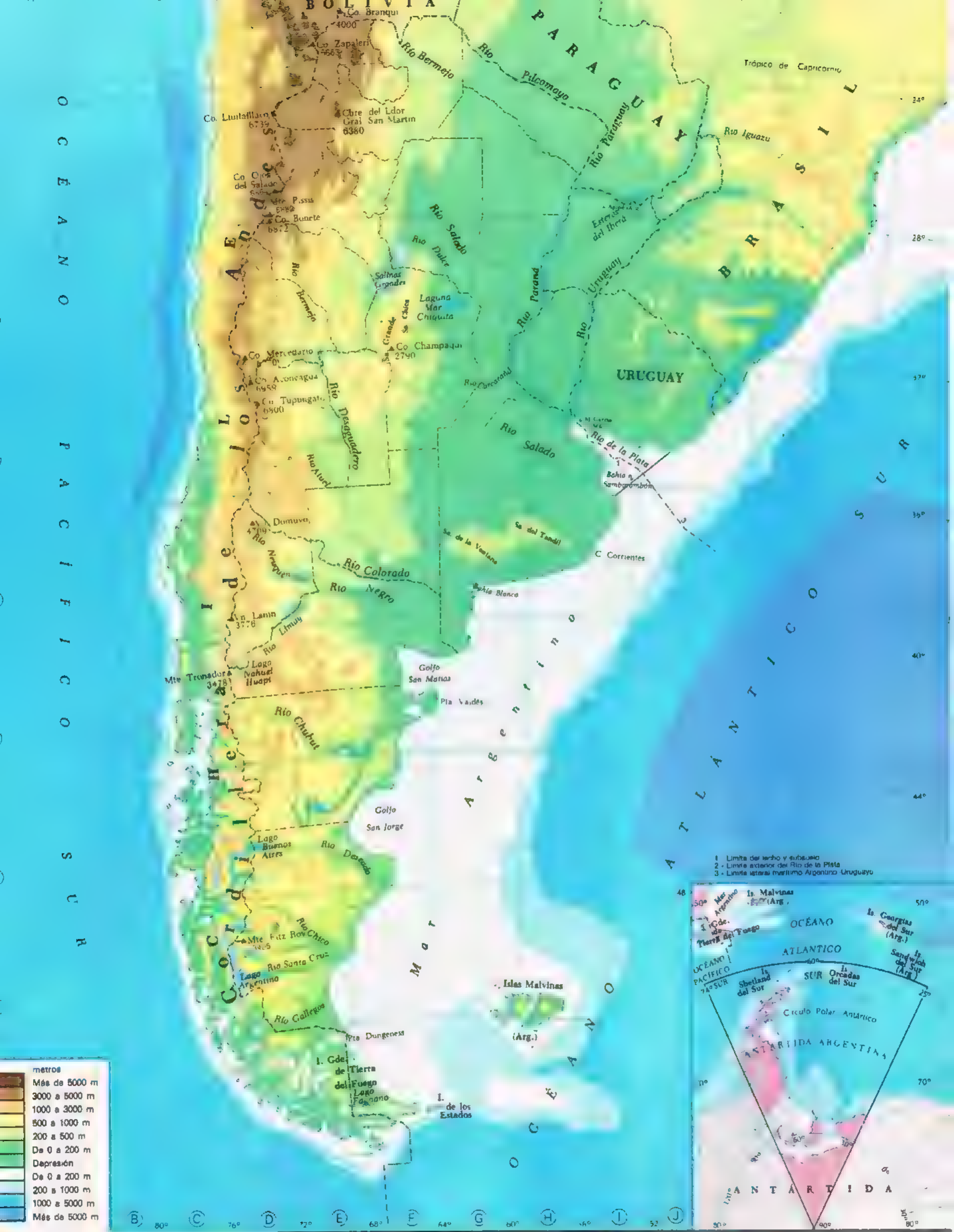






Escala 1:10 000 000

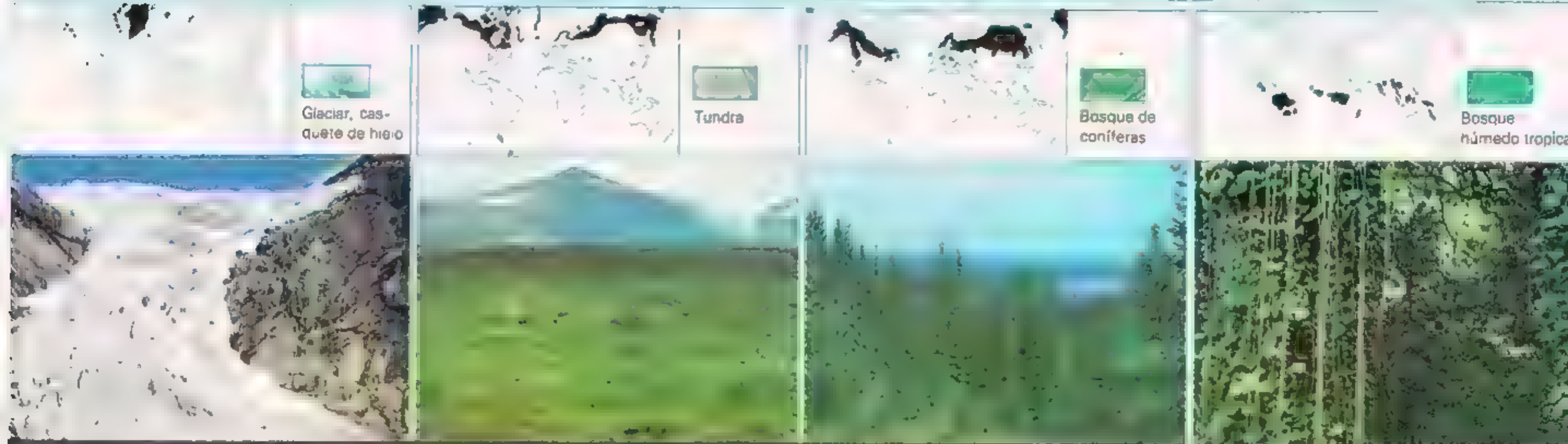




Escala 1:13.200.000



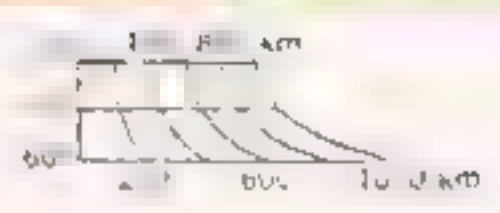


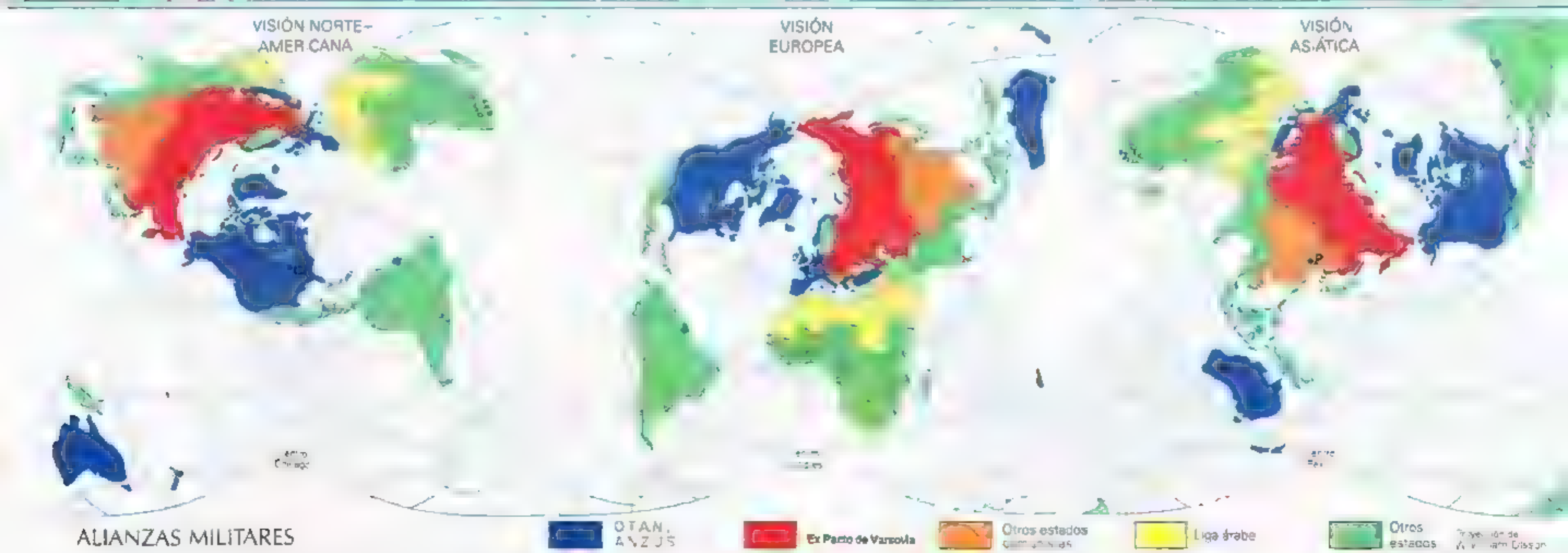
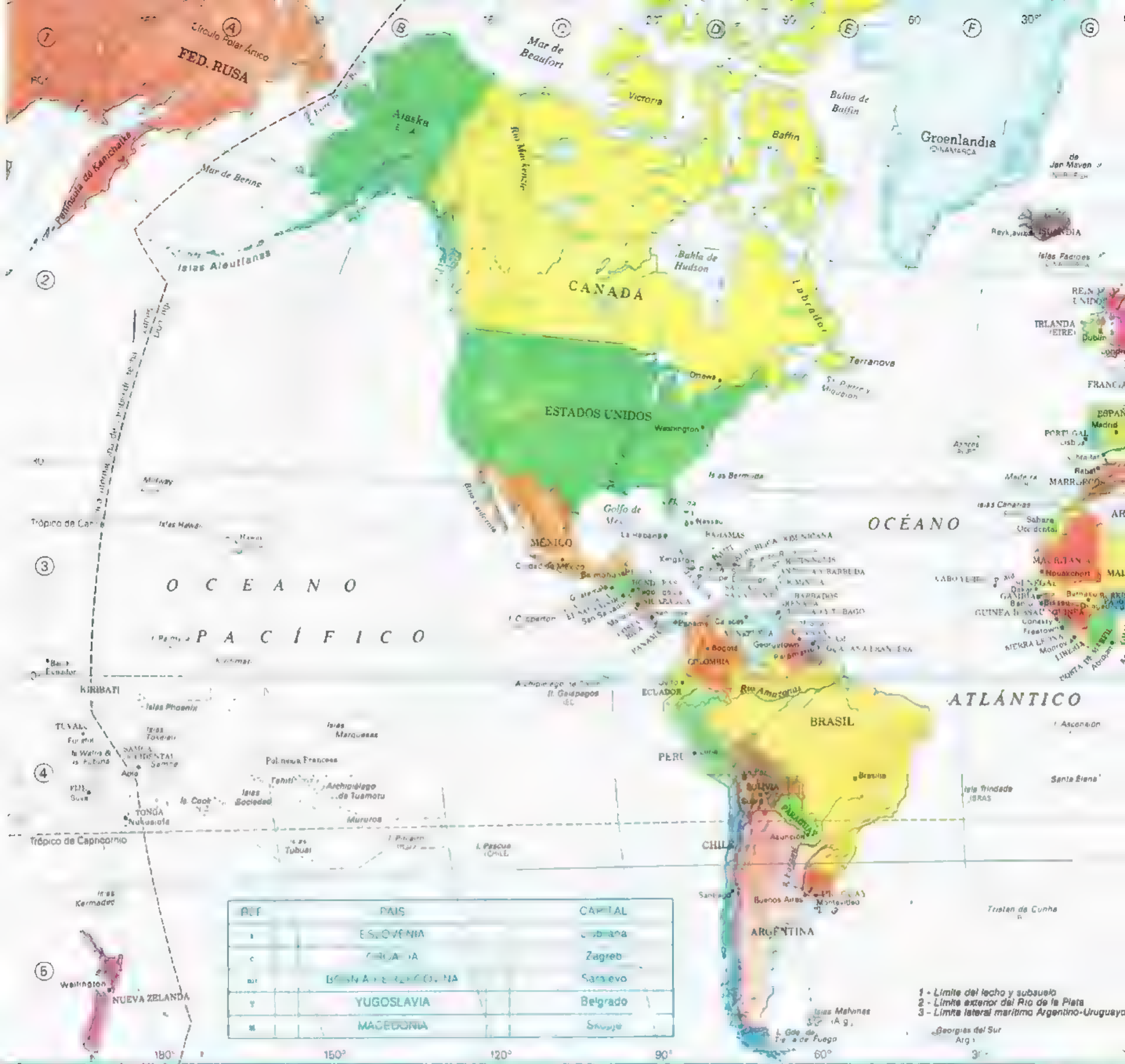


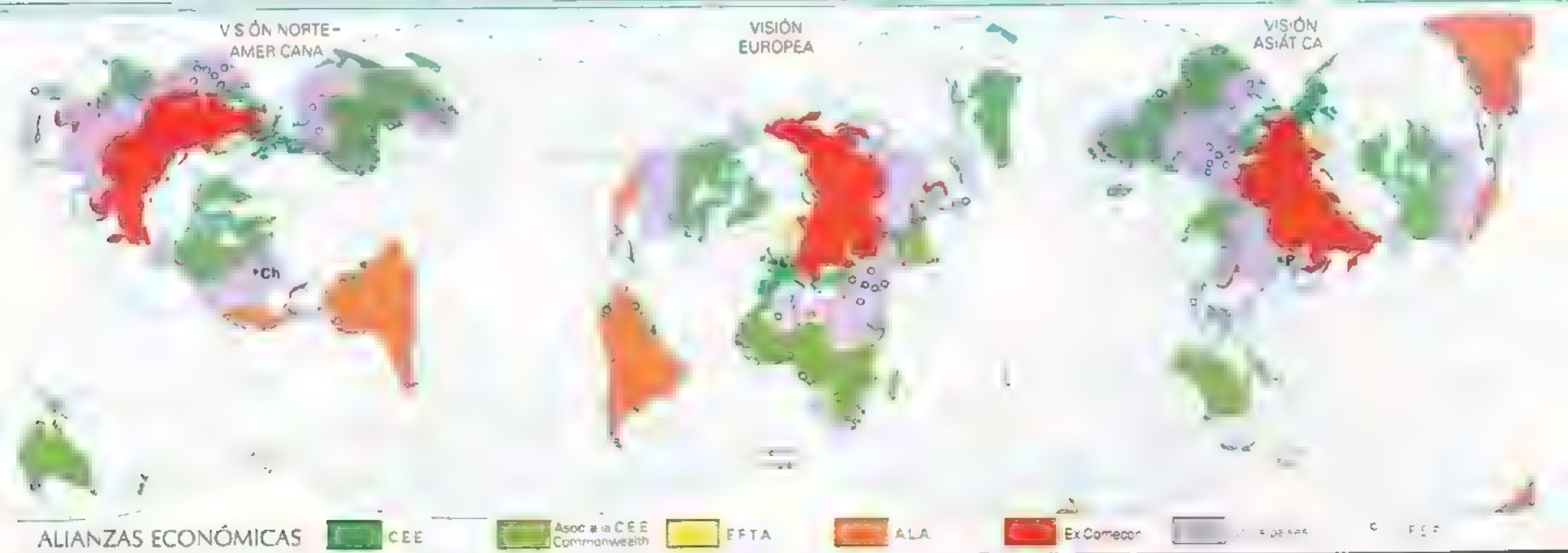


PROYECCIÓN DE VAN DER GRANTEN

Escala 1 : 90.000.000
en el ecuador

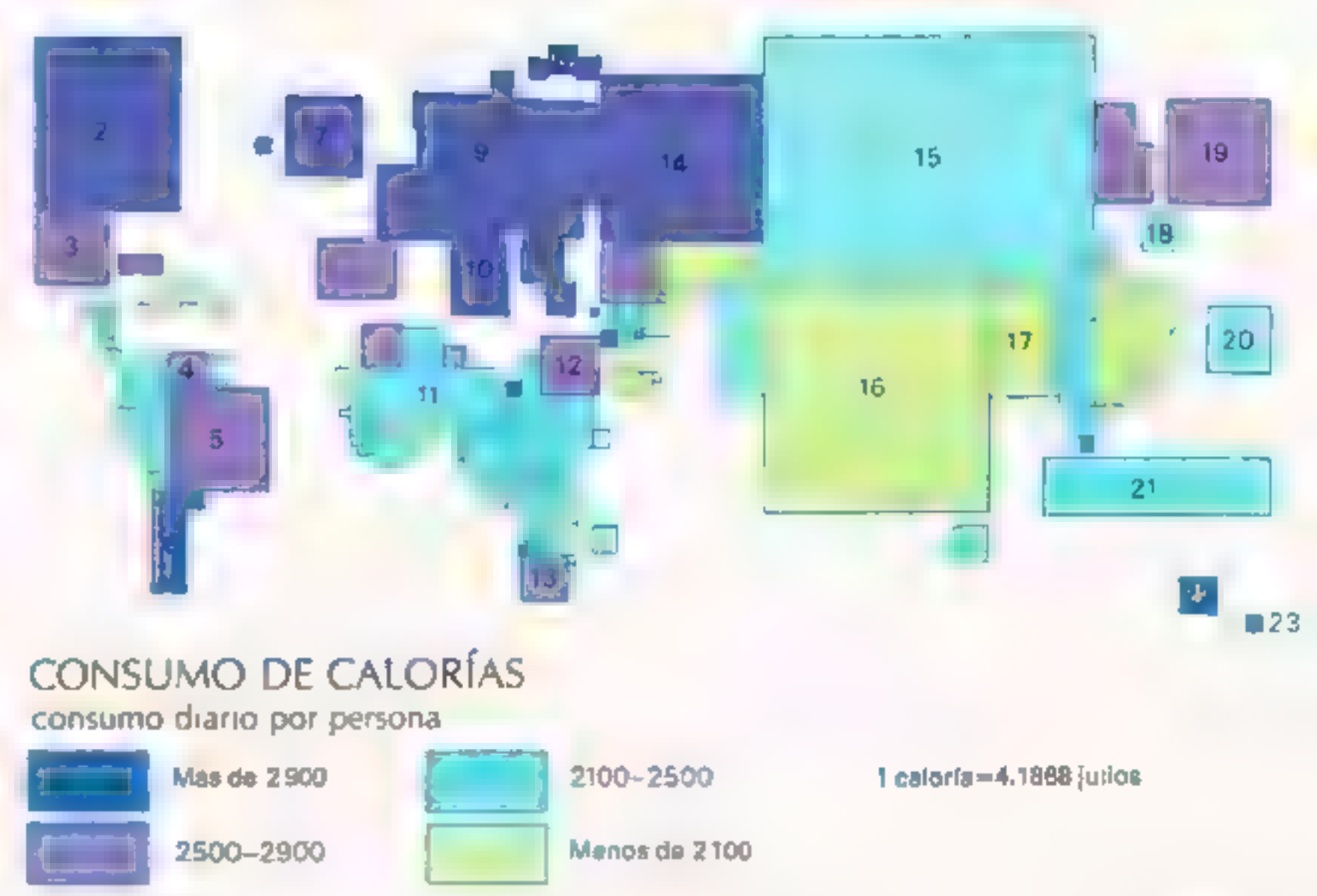
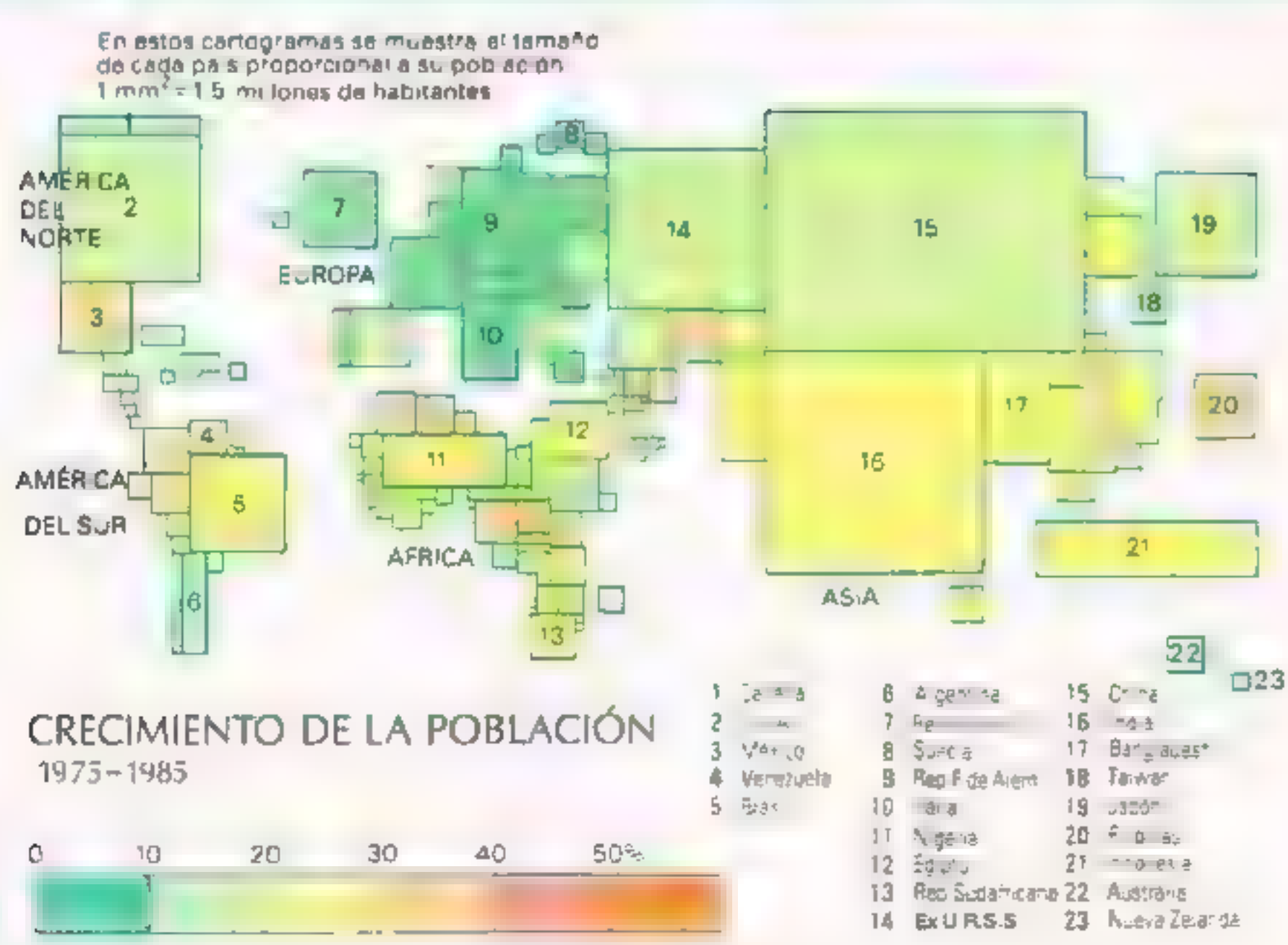


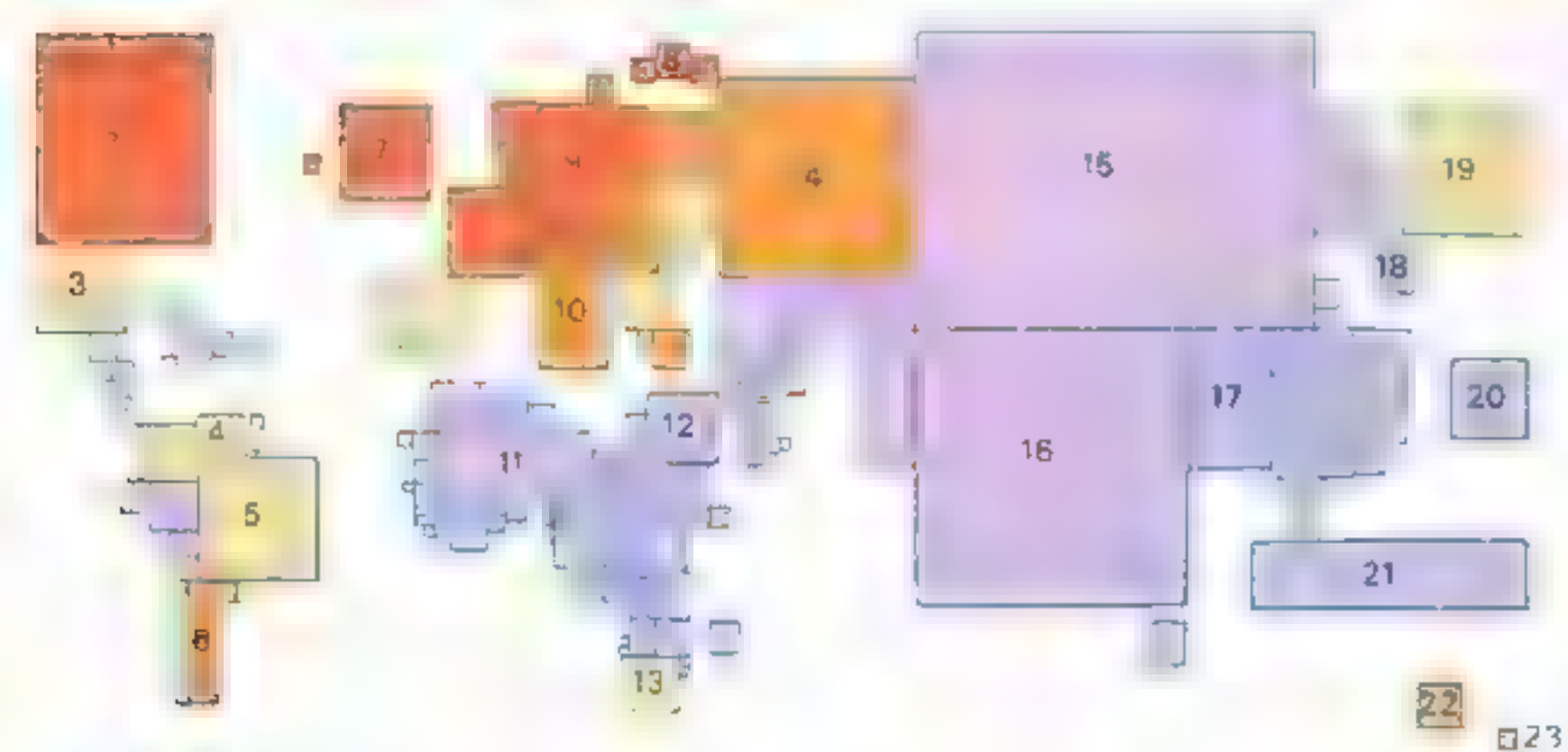


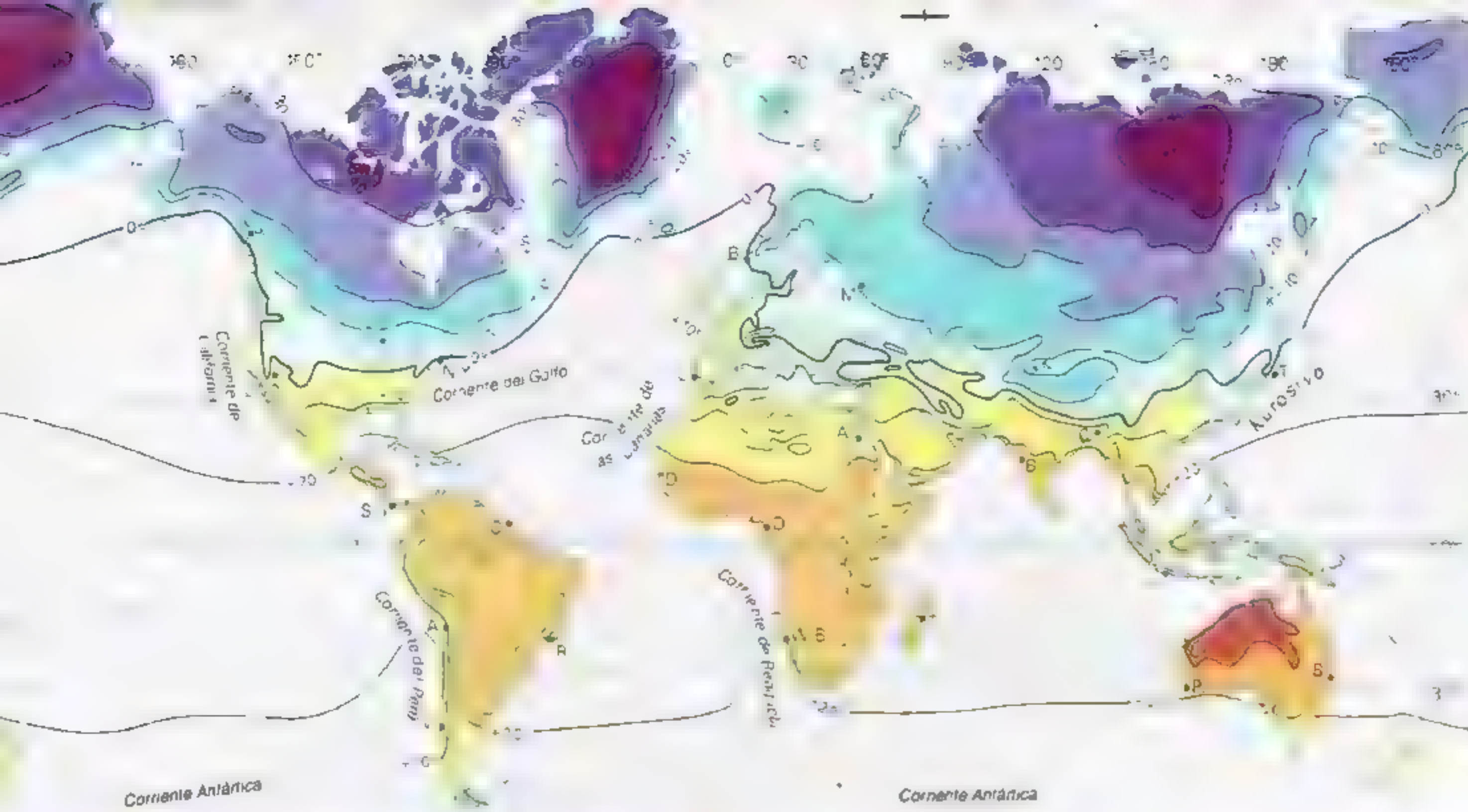




1 - Límite del techo y subsuelo
 2 - Límite exterior del Río de la Plata
 3 - Límite lateral marítimo Argentino-Uruguayo



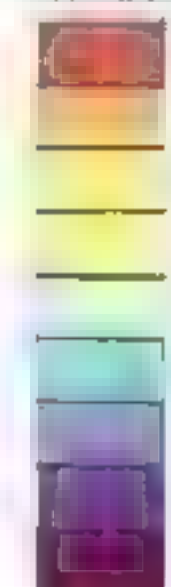




TEMPERATURA CORRIENTES OCEÁNICAS

Enero

invierno septentrional
verano meridional
Temperatura media anual
temperaturas reales



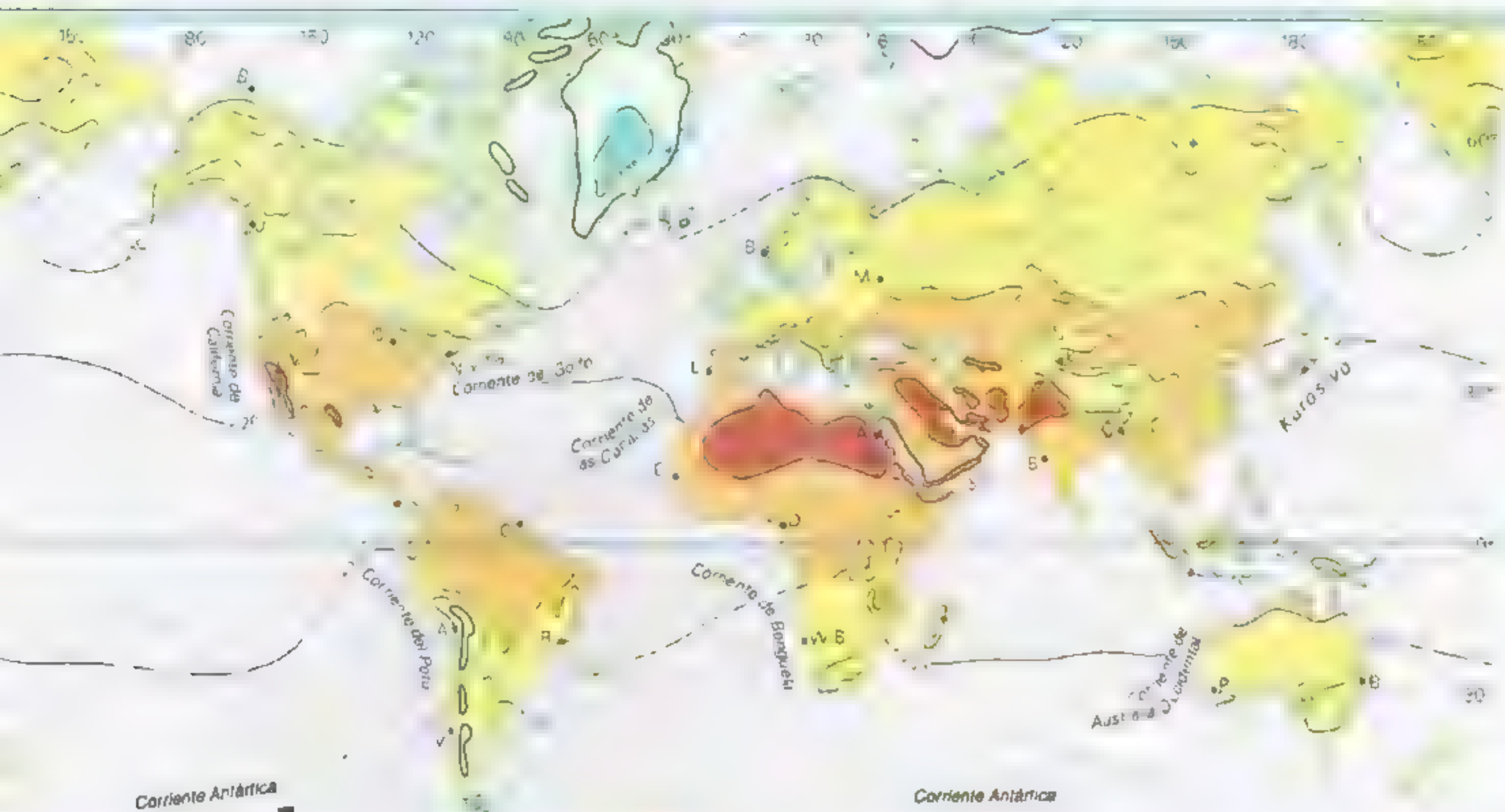
Corriente oceánica fría
Corriente oceánica cálida

Flechas cortas = corrientes menos constantes

Flechas largas = corrientes más constantes

Flechas finas = corrientes lentas

Flechas gruesas = corrientes rápidas



TEMPERATURA CORRIENTES OCEÁNICAS

Julio

Verano septentrional
invierno meridional

Temperatura media anual
temperaturas reales



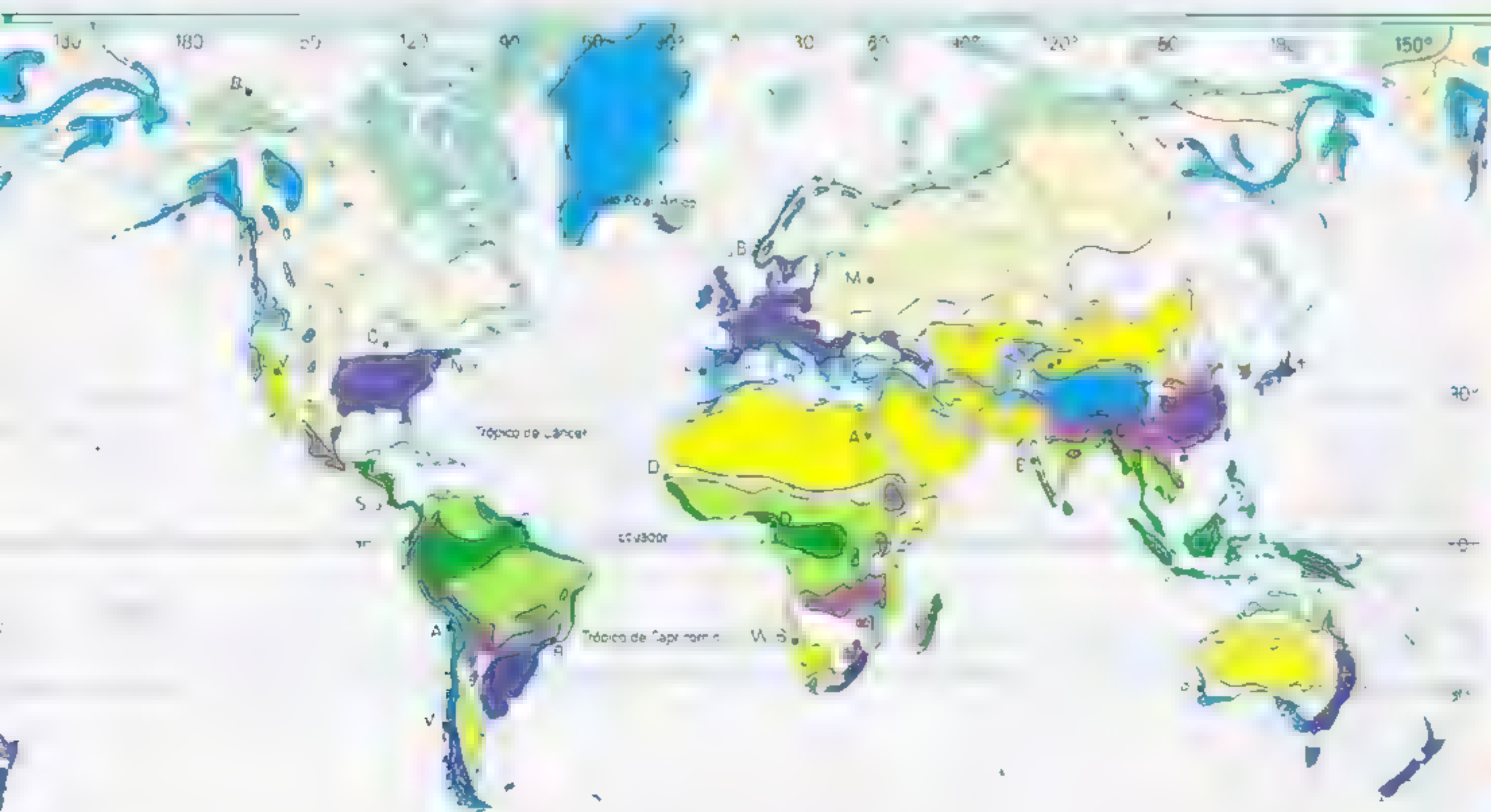
Corriente oceánica fría
Corriente oceánica cálida

Flechas cortas = corrientes menos constantes

Flechas largas = corrientes más constantes

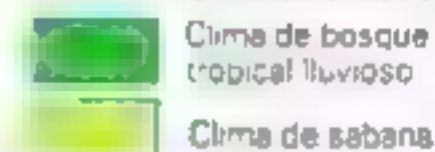
Flechas finas = corrientes lentas

Flechas gruesas = corrientes rápidas

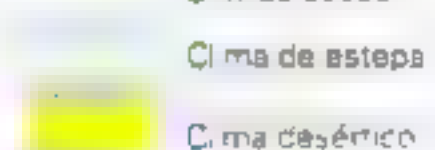


CLIMAS EN RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS (según Köppen y otros)

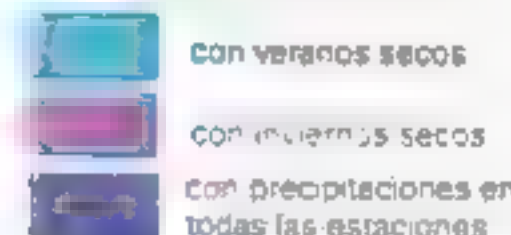
Climas húmedos tropicales:



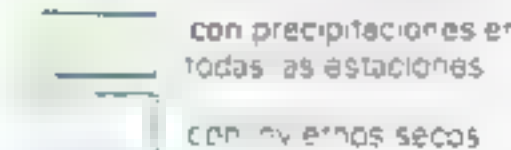
Climas secos:



Climas marítimos:

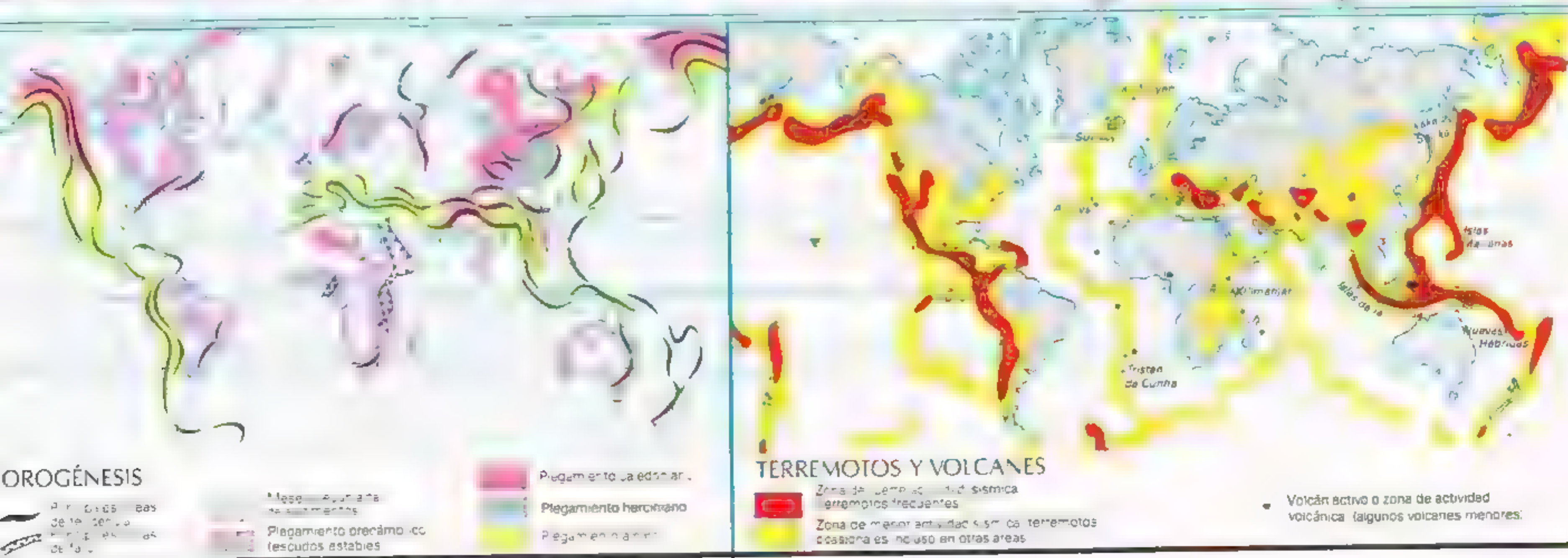
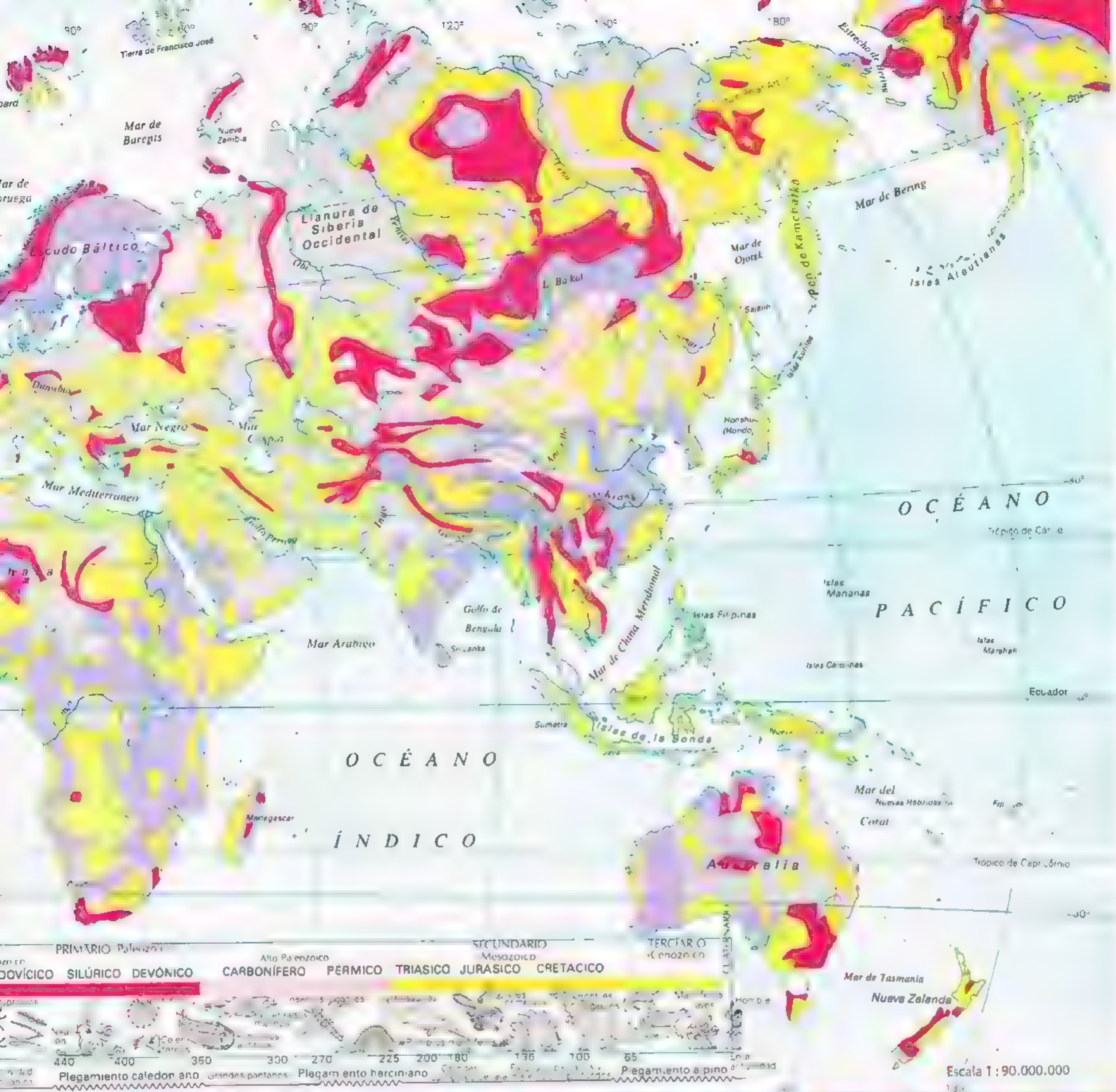


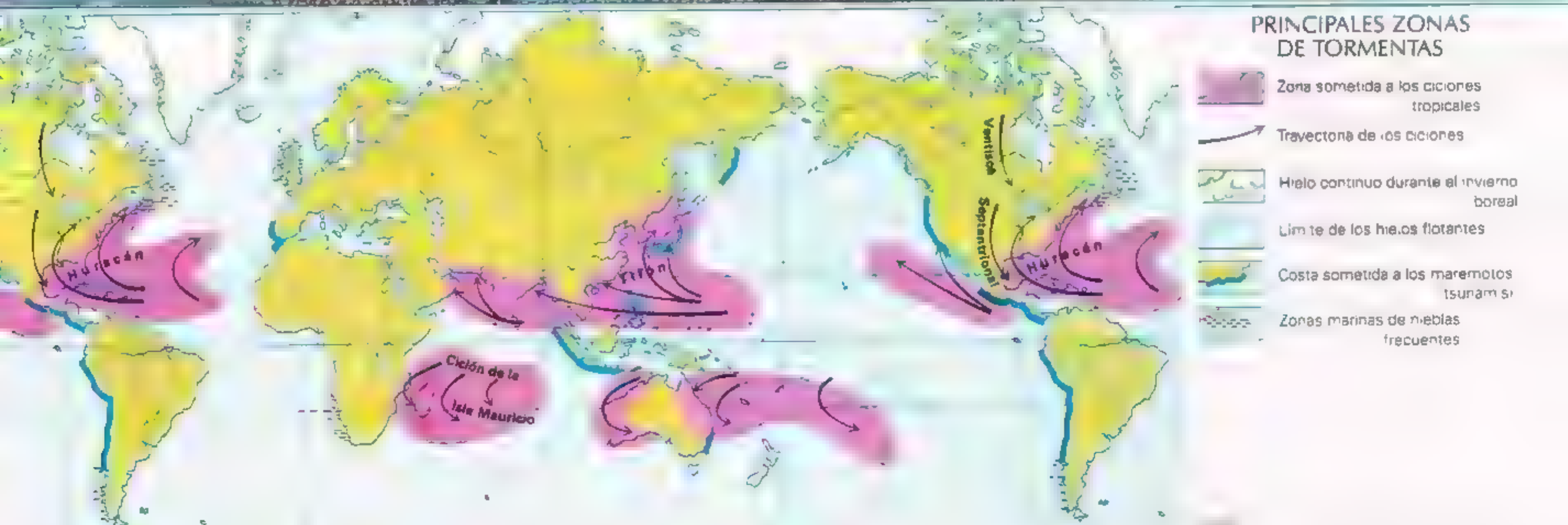
Climas continentales:

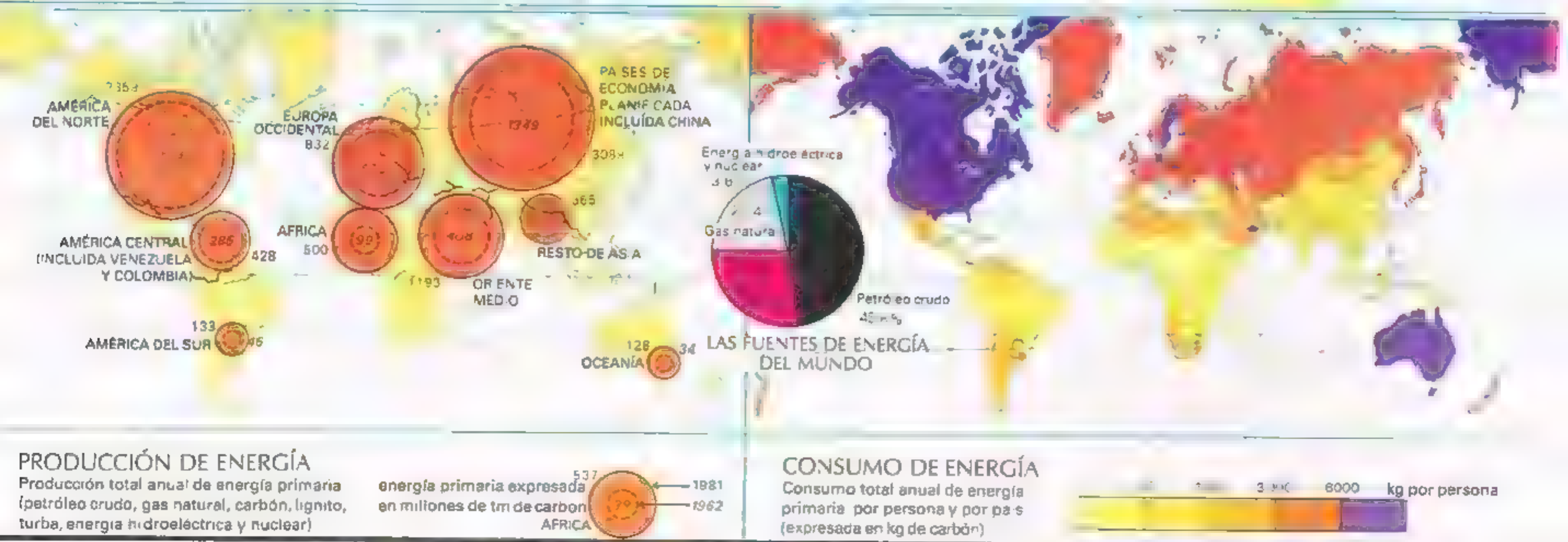


Climas fríos:











1 Límite del lecho y subsuelo
2 Límite exterior del Río de la Plata
3 Límite lateral marítimo Argentino-Uruguayo



PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

20 10 2 % de la producción mundial (promedio 1977-81)

- Trigo, centeno
- Maíz
- Arroz
- Mijo, sorgo
- Patatas
- Caucho natural

- Copra
- Cacahuetas
- Aceite de palma
- Semillas de soja
- Anacardo

- Uvas
- Cítricos
- Plátanos
- Dátiles
- Café
- Té

- Cacao
- Azúcar de caña
- Azúcar de remolacha
- Tabaco
- Algodón

20 10 millones de cabezas

- Ganado vacuno
- Ganado ovino
- Ganado porcino



LENGUAS

Lenguas indoeuropeas

- Lenguas germánicas (inglés, alemán, holandés, etc.)
- Lenguas románicas (francés, español, italiano, etc.)
- Lenguas eslavas (ruso, polaco, ucraniano, etc.)
- Otras (griego, albanés, serbio, etc.)

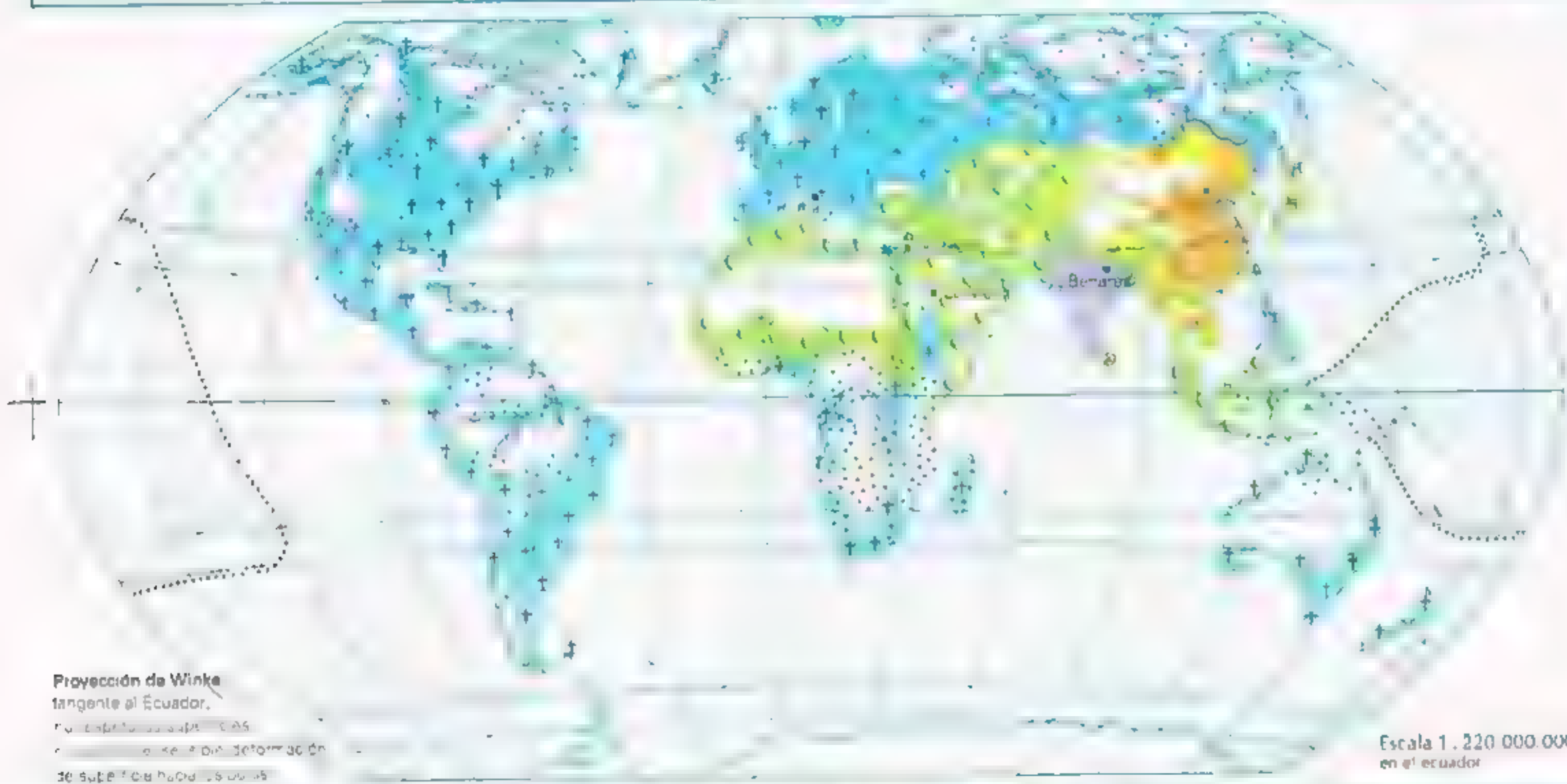
Lenguas Ural-Altaicas

- Lenguas finougrias (finlandés, estonio, húngaro, etc.)
- Otras (samoyedo, turco, lenguas manchurianas, lenguas mongólicas, etc.)

Otras lenguas

- Japonés y coreano
- Lenguas chinas y tibetanas
- Lenguas dravídicas
- Lenguas semito-arábigas (árabe, hebreo, bereber, etc.)
- Lenguas del África Negra (sudafricanas y bantú)
- Lenguas malayo-polinésicas
- Lenguas papúa-austroasiáticas
- Lenguas esquimales y amerindias
- Lenguas paleo-africanas (bantú y austrorfricanas, caucásicas, etc.)

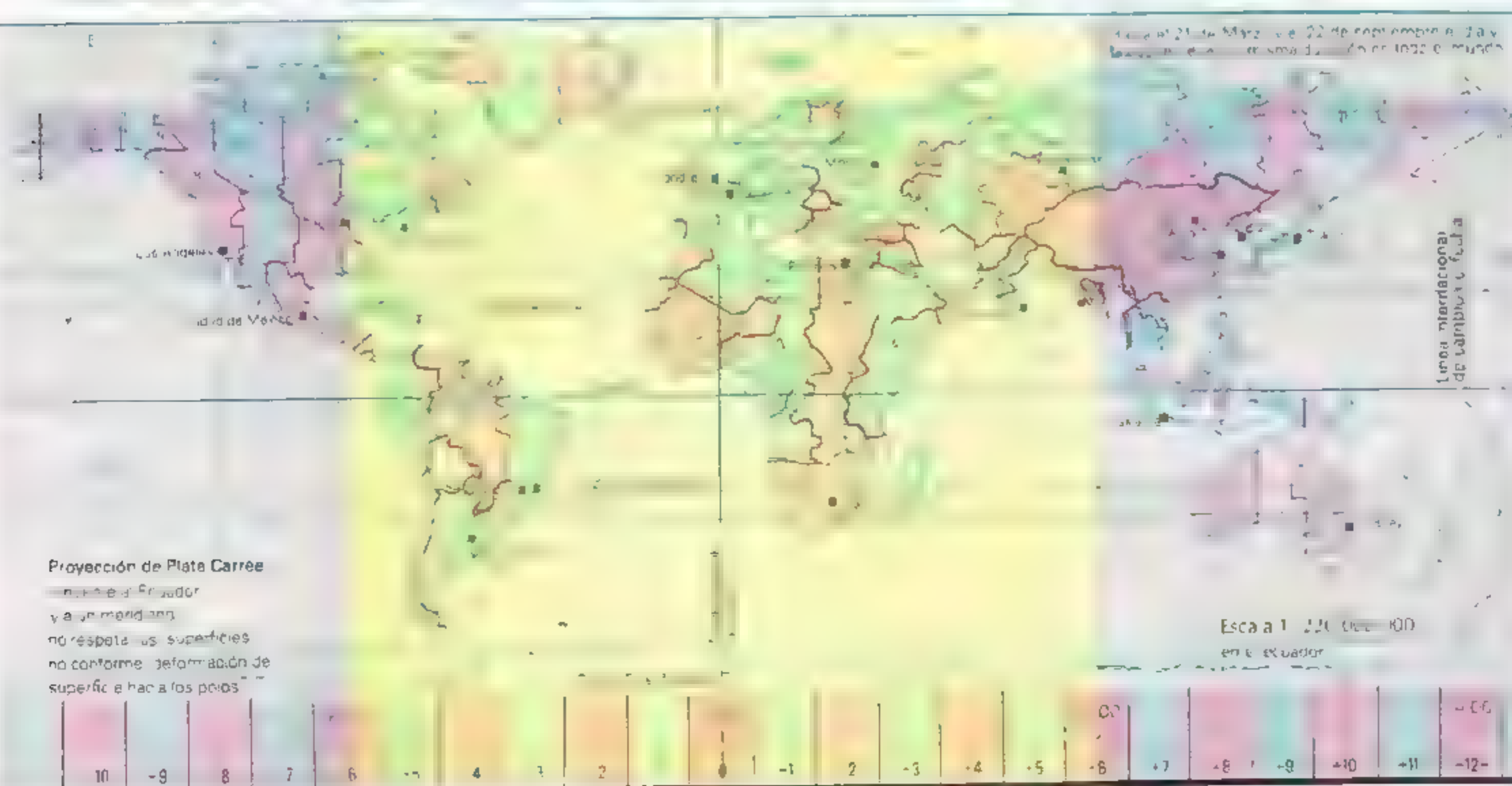
Deshabitado



RELIGIONES

- Protestante
- Católica
- Ortodoxa
- Suní
- Shíita
- Juío
- Budista
- Sintoísta y Budista
- Religiones chinas (Confucionistas, Taoístas, etc.)
- Hindu
- Animista
- Religiones primitivas

Población mundial según la religión



HUSOS HORARIOS

Hacia el 22 de Diciembre a las 12,00 T.U.C.

Duración del día
 al norte del Círculo
 polar Ártico 0h
 en Londres (51° 30' N) 12h
 en el Ecuador 12h

Hacia el 21 de Junio a las 12,00 T.U.C.

Duración del día
 al norte del Círculo
 Polar Ártico 24h
 en Londres (51° 30' N) 12h
 en el Ecuador 12h

La Tierra gira sobre su eje de oeste a este y completa una rotación en 24 horas aproximadamente. La Tierra se ha dividido en 24 husos horarios. Las líneas que los separan en la Tierra siguen en la mayor parte fronteras nacionales u otras divisiones administrativas. Sin embargo, muchos países utilizan sistemas diferentes como la hora de verano.

GLOSARIO

EL GLOSARIO, páginas 201-203, ofrece, en orden alfabético, una selección de términos geográficos en los diversos idiomas que figuran en los mapas, junto con su equivalencia en castellano. Para los idiomas que utilizan alfabetos no latinos, se han empleado las transcripciones oficiales en los mapas, glosario e índice.

Las palabras del glosario son generalmente individuales, pero algunos prefijos y sufijos están también traducidos al castellano. En algunos casos el nombre en el mapa está abreviado, por ejemplo **vrh.** para el checoslovaco **vrchovina** (altiplanicie, región montañosa). En el glosario se dan ambos, el nombre completo y la abreviatura.

CLAVE DE ABREVIATURAS POR IDIOMAS

<i>afr.</i>	<i>afrikaans</i> (Rep. Sudafricana)	<i>fin.</i>	finés	<i>laos.</i>	laosiano
<i>al.</i>	alemán	<i>fl.</i>	flamenco (Bélgica)	<i>mal.</i>	malayo
<i>alb.</i>	albanés	<i>fr.</i>	francés	<i>mong.</i>	mongol
<i>am.</i>	amerindios	<i>gaél.</i>	gaélico (Escocia)	<i>nor.</i>	noruego
<i>amh.</i>	amhárico (Etiopía)	<i>gal.</i>	galés	<i>pash.</i>	pashtú (Afganistán)
<i>an.</i>	anamita (Vietnam)	<i>gr.</i>	griego	<i>per.</i>	persa
<i>ár.</i>	árabe	<i>heb.</i>	hebreo	<i>pol.</i>	polaco
<i>beng.</i>	bengalí	<i>hin.</i>	hindí	<i>port.</i>	portugués
<i>ber.</i>	beréber	<i>hol.</i>	holandés	<i>rum.</i>	rumano
<i>birm.</i>	birmano	<i>húng.</i>	húngaro	<i>rus.</i>	ruso
<i>bulg.</i>	bulgaro	<i>indon.</i>	indonesio	<i>serv.-cro.</i>	servo-croata
<i>cing.</i>	cingalés	<i>ing.</i>	inglés	<i>suec.</i>	sueco
<i>cor.</i>	coreano	<i>irl.</i>	irlandés	<i>tam.</i>	tamíl (Sri Lanka)
<i>che.</i>	checo	<i>isl.</i>	islandés	<i>th.</i>	thaí (Tailandia)
<i>chin.</i>	chino	<i>it.</i>	italiano	<i>tib.</i>	tibetano
<i>dan.</i>	danes	<i>jap.</i>	japonés	<i>tur.</i>	turco
<i>esl.</i>	eslovaco	<i>kh.</i>	khmer (Camboya)	<i>ur.</i>	urdu (Pakistán)

GLOSARIO

A		batu <i>Malayo</i>	monte	c., cape <i>Inglés</i>	cabo
-å <i>Danés, Noruego, Sueco</i>	río	bay <i>Inglés</i>	bahía	cachoeira <i>Portugués</i>	salto, cataratas, rápidos
açude <i>Portugués</i>	embalse	Becken <i>Alemán</i>	cuenca	canal <i>Francés, Portugués</i>	canal
adrar <i>Beréber</i>	serranía, país montañoso	ben <i>Gaélico</i>	montaña, pico, monte	canale <i>Italiano</i>	canal
akra, akrotirion <i>Griego</i>		Berg <i>Alemán</i>		cao nguyen <i>Anamita</i>	meseta
Alb, Alp <i>Alemán</i>	cabo, promontorio	berg <i>Afrikaans, Holandés</i>	montaña, monte, roca	cape <i>Italiano</i>	cabo
alpes <i>Francés</i>	montaña, pico	-berg <i>Sueco</i>	montaña, roca	causee <i>Francés</i>	alturas, altiplanicie
elpi <i>Italiano</i>	montes	Berge <i>Alemán</i>	montes	co <i>Chino</i>	lago
-älv, -älven <i>Sueco</i>	montes	-bergen <i>Sueco</i>	montes	col <i>Francés</i>	puerto de montaña, paso
ao <i>Thái</i>	río	-berget <i>Sueco</i>	monte, colina	colli <i>Italiano</i>	colinas
arquipélago <i>Portugués</i>	bahía	bir <i>Árabe</i>	pozo	collines <i>Francés</i>	colinas
-ås, -åsen <i>Sueco</i>	archipiélago	birkat <i>Árabe</i>	estanque, lago	con <i>Anamita</i>	islas
etol <i>Portugués</i>	colina	boğazi <i>Turco</i>	estrecho, canal	cono <i>Italiano</i>	pico, cima
sin <i>Árabe</i>	stolón	bogd <i>Mongol</i>	sierra	côte <i>Francés</i>	costa, cresta, cuesta
	fuentes, manantial	bolshoy <i>Ruso</i>	grande	crêt <i>Francés</i>	cresta, pico
B		bong <i>Coreano</i>	montaña, pico		
bab <i>Árabe</i>	puerta, paso	-breon <i>Noruego</i>	glaciar, nevero	CH	
baik <i>Danés</i>	estrecho	Bucht <i>Alemán</i>	bahía, ensenada, golfo	chain <i>Inglés</i>	cordillera, cadena, montañosa, cadena de islas
bahr, bahr <i>Árabe</i>	río, mar	bugt <i>Danés</i>	golfo, bahía	channel <i>Inglés</i>	canal marítimo, estrecho
baia <i>Portugués</i>	bahía	buhayrah <i>Árabe</i>	lago, laguna, albufera	chapada <i>Portugués</i>	altiplanicie, páramo
baie <i>Francés</i>	bahía	buhayrat <i>Árabe</i>	lago, albufera	chott <i>Árabe</i>	lago salado, pantano salado
ballon <i>Francés</i>	monte	bukit <i>Indonesio, Malayo</i>	montaña	chuôr phnum <i>Khmer</i>	montañas
balta <i>Rumano</i>	pantano, mansma	-bukten <i>Sueco</i>	golfo, bahía		
-bandao <i>Chino</i>	península	bumu, burun <i>Turco</i>	cabo, punta	D	
barrage <i>Francés, Inglés</i>	embalse, presa			dağ, daği <i>Turco</i>	montaña, sierra
barajil <i>Turco</i>	embalse, presa			dâgh <i>Persa</i>	montaña, sierra
batang <i>Indonesio</i>	río				
		C			
		c., cabo <i>Portugués</i>	cabo, punta		
		c., cap <i>Francés</i>	cabo, punta		

dağlar, dağlan Turco
dahr Árabe
-dal, -dalen Noruego, Sueco
danau Indonesio
-dao Chino, Anamita
daryācheh Persa
dasht Persa
deniz, denizi Turco
détroit Francés
dhar Árabe
-dian Chino
dijk Holandés
djebel Árabe
-djupet Sueco
-do Coreano
doi Thai
dolina Ruso
dolok Indonesio

sierra, cordillera
colina
valla
lago
isla
lago, mar
desierto
mar
estrecho
escarpa
lago
dique
montaña, sierra
fosa submarina, depresión
isla
montaña
Valle
monte

E

-egga Noruego
-elv, -elva Noruego
erg Árabe
espigão Portugués
étang Francés
-ey Islandés

montaña
río
desierto de dunas
altura escarpada
estanque, laguna
isla

F

falaise Francés
farsh Árabe
-felli Islandés
-feng Chino
firth Gaélico
-fjäll Sueco
-fjällen Sueco
-fjället Sueco
-fjell, -fjellet Noruego
-fjöll Islandés
-fjord Noruego
-fjorden Noruego, Sueco
-fjörður Islandés
-floi Islandés
foai Italiano
-fonni Noruego
fontaine Francés
-foss Islandés

risco, precipicio, escantilado
meseta
roca, monte
monte, cima
estuario, río, fiordo
colina, montaña
montaña -s
montaña
montaña, meseta
montaña
bahía, fiordo, río

fiordo, lago
fiordo, bahía
golfo, bahía
boca, desembocadura
glaciar
fuente, pozo
cascada, rápido

G

g., gora Ruso
g., gunung Malayo
g., gunung Indonesio
gebirge Holandés
Gebirge Alemán
göçü Turco

monte, colina
monte, colina
monte
cordillera
montes, cordillera, sierra
puerto de montaña, desti-

ghubbat Árabe
Gljefi Alemán
gji Albanés
glacier Inglés
gol Mongol
göl, gölü Turco
golfe Francés
golfo Italiano
gora Servo-Croata
gora Polaco
gorje Servo-Croata
gory Ruso
góry Polaco
grotte Francés
gryada Ruso
guba Ruso
guelt Árabe
-gunto Japonés

bahía
pico
bahía
glaciar
río
lago
golfo
golfo
montañas
monte
montañas, colinas
montañas, colinas
montañas
gruta
montaña
bahía, golfo
montaña
archipiélago

H

Haif Alemán
-hai Chino
-haixia Chino
-halvaya Noruego
-hama Japonés
hamada Árabe
hammâdet Árabe
hâmûn Persa
harrat Árabe
-hav Sueco
havre Francés
hawr Árabe
-he Chino
head Inglés
Heide Alemán
hill Inglés
hka Birmano
-holm Danés
-hom Alemán
hory Checo, Eslovaco
-hu Chino

bahía, laguna
mar
estrecho
península
playa
desierto de piedra
meseta
lago salado
desierto de lava
mar
puerto de mar
lago
río
cabo, extremo, punta
landa
colina
río
isla
pico
montañas
lago

I

ice shelf Inglés
idhan Árabe
île Francés
îles Francés
ilha Portugués
ilhas Portugués
insel Alemán
inseln Alemán
insulâ Rumano

banco de hielo
desierto de dunas
isla
islas
isla
islas
isla
islas
isla

îraq Árabe
island Inglés
isle Inglés
isles Inglés
isola Italiano
isole Italiano
isthmus Inglés

dunas
isla
isla
islas
isla
islas
istmo

J

jebel Árabe
järv Estonio
-järvi Finés
-jaur Lapón
-javre Lapón
jazair Árabe
jazirat Árabe
jazirah Persa
jebel Árabe
jzero Servo-Croata, Albanés
jeziro Polaco
-jiang Chino
jibal Árabe
-jima Japonés
-joki Finés
-jukien Noruego
-jökull Islandés

montaña, sierra
lago
lago
lago
lago
islas
isla
isla
montaña, sierra, cordillera

lago
lago
río
montaña, sierra, cordillera
isla
río
glaciar
glaciar

K

kabir Persa
-kaikyô Japonés
-kaise Lapón
kaina Lituano
Kamm Alemán
kanal Holandés
kanal Ruso, Servo-Croata, Sueco, Alemán
kanava Finés
Kap Alemán
-kapp Noruego
kas Khmer
kavir Persa
kap Albanés
k., kep., kepulauan Indonesio
khalij Árabe
khasm Árabe

montañas
estrecho
montaña
montaña
cordillera
canal

canal
canal
cabo
cabo
isla
desierto salado
cabo, punta

archipiélago
golfo, bahía
promontorio, desembocadura
cadena montañosa
isla
lago, laguna
cordillera
golfo, bahía
golfo, bahía
montaña
lengua de tierra
cuenca
bahía, puerto de montaña
río
montañas
bahía, estuario
montaña, cordillera
montaña, cordillera
colina
isla

lago
paso, puerto de montaña
lago
lagos
lago

lago
lago, laguna
lagos
mar
montañas, bosque
laguna, bahía
lago
pico, montaña
lago, ensenada
bahía, lago

kh., Khrebet Ruso
ko Thai
-ko Japonés
koh Pashtu
kôlpos Griego
körtazi Turco
Kõrgustik Estonio
kosa Ruso
kotlina Polaco
-kou Chino
krueng Indonesio
kryazh Ruso
kuala Malayo
kûh Persa
kûhha Persa
-kulla Sueco
kyun Birmano

L

l., lac Francés
la Tibetano
lac Francés
lacs Francés
lacul Búlgaro
lago Italiano, Portugués
l., lagoa Portugués
lagos Portugués
l., laut Indonesio
les Checo
liman Ruso
limni Griego
-ling Chino
loch Gaélico
lough Gaélico

montaña, montañas
río
río
bahía
pantano, marisma
mar
macizo
mar, lago

M

m., muntil Rumano
mae Thai
-mak Turco
-man Coreano
marais Francés
mare Italiano
massif Francés
Meer Alemán
meer Afrikaans, Holandés
mer Francés
mierzaja Polaco
-misaki Japonés
mont Francés
montagna Italiano
montagne Francés
montagnes Francés
monte Italiano, Portugués
montes Portugués
monti Italiano
monts Francés
moor Inglés

mar, lago
mar
lengua de tierra
cabo
monte
montaña
montaña
montañas

monte
montes
montes
montes
páramo

more Ruso
morro Portugués
motu Polinesio
mt., mts. Inglés
mountain, moun-
tains Inglés
mui Anamita
munkhafad Árabe
muntil Rumano
mys ruso

mar
colina
isla
monte -s

montaña -s
cabo, punta
depresión
montes
cabo

N

nafud Árabe

desierto, dunes, suelo de arena
altiplanicie
desierto salado
cabo, promontorio

nagor'ye Ruso
namakzar Persa
-näs Sueco
nasjonalpark Noruego
neem Estonio
-nes Noruego, Islandés
ness Gaélico
ngoc Anamita
niso Griego
nizmennost' Ruso
nunatakk Esquimal
nuruu Mongol
nuur Mongol

Parque Nacional
cabo

península, punta
promontorio, cabo
montaña
islas
llanura, depresión
pico
cordillera
lago

O

-ô Danés, Noruego, Sueco
o., ostrov Ruso
-ôarna Sueco
-ön Sueco
ôri Griego
ôros Griego
ostrov Ruso
ostrova Ruso
ostrovul Rumano
otok Servo-Croata
-oy, -øya Noruego
oz., ozero Ruso
ozers Ruso

isla
isla
islas
isla
montañas
montaña
isla
islas
isla
isla
isla
lago
lagos

P

pahorkatina Checo
palla Italiano
pantanal Portugués
parc national Francés
parque national Portugués
pas Francés
Pasa Alemán
passo Francés
passo Italiano
pasul Rumano
peak Inglés
peg , pegunungan Indonesio
pélagos Griego
-pandi Chino
peninsula Inglés
peroval Ruso
peruis Francés
peakl Ruso
phnum Khmer
pic Francés
pico Portugués
picos Portugués
-piggen Noruego
pik Ruso
plaine Francés
planalto Portugués
planina Servo-Croata
plato Ruso, Búlgaro
ploekogorje Ruso
point Inglés
pointe Francés
poluostrv Ruso
ponta Portugués
porog Ruso
prohod Búlgaro
proliv Ruso
promontorio Italiano
puig Catalán
pulau Indonesio, Malayo
punta Italiano
puncak Indonesio
pua Lao
Thai
puy Francés

colinas, meseta
pico
pantano
parque nacional

parque nacional
estrecho
paso, puerto de montaña
canal, estrecho
paso, puerto de montaña
paso, garganta
cumbre, pico

montes
mar
cuenca
península
paso
estrecho
desierto
montaña
pico
pico
pico
pico
montaña
pico
llanura
meseta
cordillera, montes
mesetas
mesetas
punta
punta, cabo
península
punta, cabo
rápido
paso
estrecho, canal
promontorio
pico, cumbre

isla
punta, pico
pico
montaña
pico

Q

qanat Árabe
-quando Chino
qumrat Árabe

canal
islas
montaña

R

rags Lituano
ramlet Árabe
range Inglés
räs, räs Árabe
räs Persa
ravina Ruso
récif Francés
récifs Francés
reef Inglés

cabo
arena, dunas
cordillera
cabo, punta
cabo, punta
llanura
arrecife
arrecifes
arrecife

s., **represa** *Portugués*
reservoir *Inglés*
-retto *Japonés*
rio *Portugués*
riviera *Italiano*
rivière *Francés*
rock *Inglés*
rt *Servo-Croata*
Ruck *Alemán*

presa, **embalse**
embalse, **pantano**
archipiélago
rio
costa, **ribera**
rio, **ribera**
roca, **peñón**
cabo, **punta**
monte

S

sa., **serra** *Portugués*
saar *Estonio*
sabkhat *Árabe*
sadd *Árabe*
saḡiḡa *Árabe*
ṣaḡrā' *Árabe*
-sanmyaky *Japonés*
-san *Japonés, Coreano*
-sanchi *Japonés*
-sanmaek *Coreano*
sarir *Árabe*
Sattel *Alemán*
sauros *Lituano*
sebkha *Árabe*
sebkra *Árabe*
See *Alemán*
Seen *Alemán*
selat *Indonesio*
serra *Portugués*
shamo *Chino*
-shan *Chino*
-shankou *Chino*
sharm *Árabe*

sierra
isla
lago salado
presa, **dique**
uadi, **valle**
desierto
cordillera, **sierra**

montaña, **colina**
montañas
cadena montañosa
desierto
paso
estrecho
lago salado
pantano
lago, **mar**
lagos, **mares**
estrecho
sierra
desierto
monte
paso
bahía

-shima *Japonés*
-shoto *Japonés*
-shuiku *Chino*
silsilesi *Turco*
-sjó *Noruego*
-sjön *Sueco*
sopka *Ruso*

Spitze *Alemán*
step' *Ruso*
štít *Eslovaco*
strait *Inglés*
stretto *Italiano*
-suido *Japonés*
-sund *Sueco*
s., **sungai** *Indonesio*
-säikä *Finés*

T

tg., **tanjung** *Indonesio*
-tanger-, **tangi** *Islandés*
tassili *Beréber*
taung *Birmanio*
teluk *Indonesio*
tenéré *Beréber*
tape, **tepesi** *Turco*
thu khao *Thai*
-tind, **-tindane** *Noruego*
-to *Japonés*
tónlé *Khmer*
-top *Holandés*
-träsk *Sueco*
-tunturi *Finés*

isla
islas
embalse
cadena montañosa, **sierra**
lago
lago, **bahía**
volcán (en Kamchatka), **colina**
punta, **cima**, **cumbre**
estepa
pico
estrecho, **canal marítimo**
estrecho
estrecho, **canal**
estrecho, **canal**
rio
cordillera

cabo

punta
altiplanicie
montaña, **cordillera**
bahía, **golfo**
llanura arenosa
pico, **cumbre**, **colina**
montañas

cumbre, **pico**
isla, **este**, **oriental**
lago, **rio**
pico, **cima**
pantano, **lago**
montaña

U-V

uul *Mongol*
-vaara *Finés*
val *Francés, Italiano*
vale *Inglés*
valle *Italiano*
vallee *Francés*
-vatn *Noruego, Islandés*
-veäl *Finés*
-vidda *Noruego*
-viken *Sueco*
v., **Virful** *Rumano*
vodokhranilisjtje *Ruso*
vosvysjennost *Ruso*
vrh., **vrchovina** *Checo, Eslovaco*

-väin *Estonio*
-vötn *Islandés*

W-Z


wadi *Árabe*
wehat *Árabe*
Wald *Alemán*
-wan *Japonés, Chino*
-xia *Chino*
-yama *Japonés*
y., **yarimadesi** *Turco*
yoma *Birmanio*
-zaki *Japonés*
zalew *Polaco*
zatoka *Polaco*
zee *Holandés*

montaña -s
montaña, **colina**
valle
valle
valle
valle

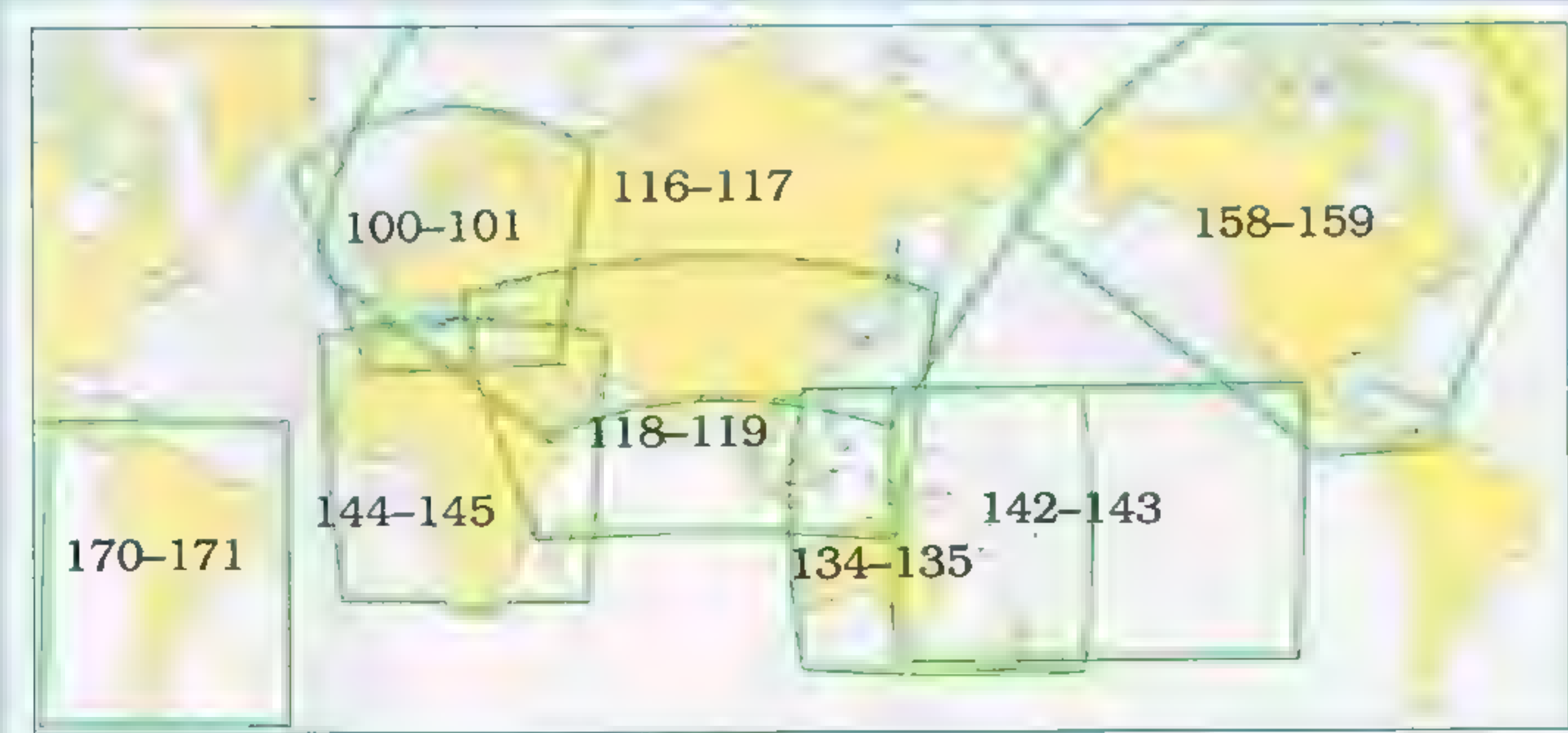
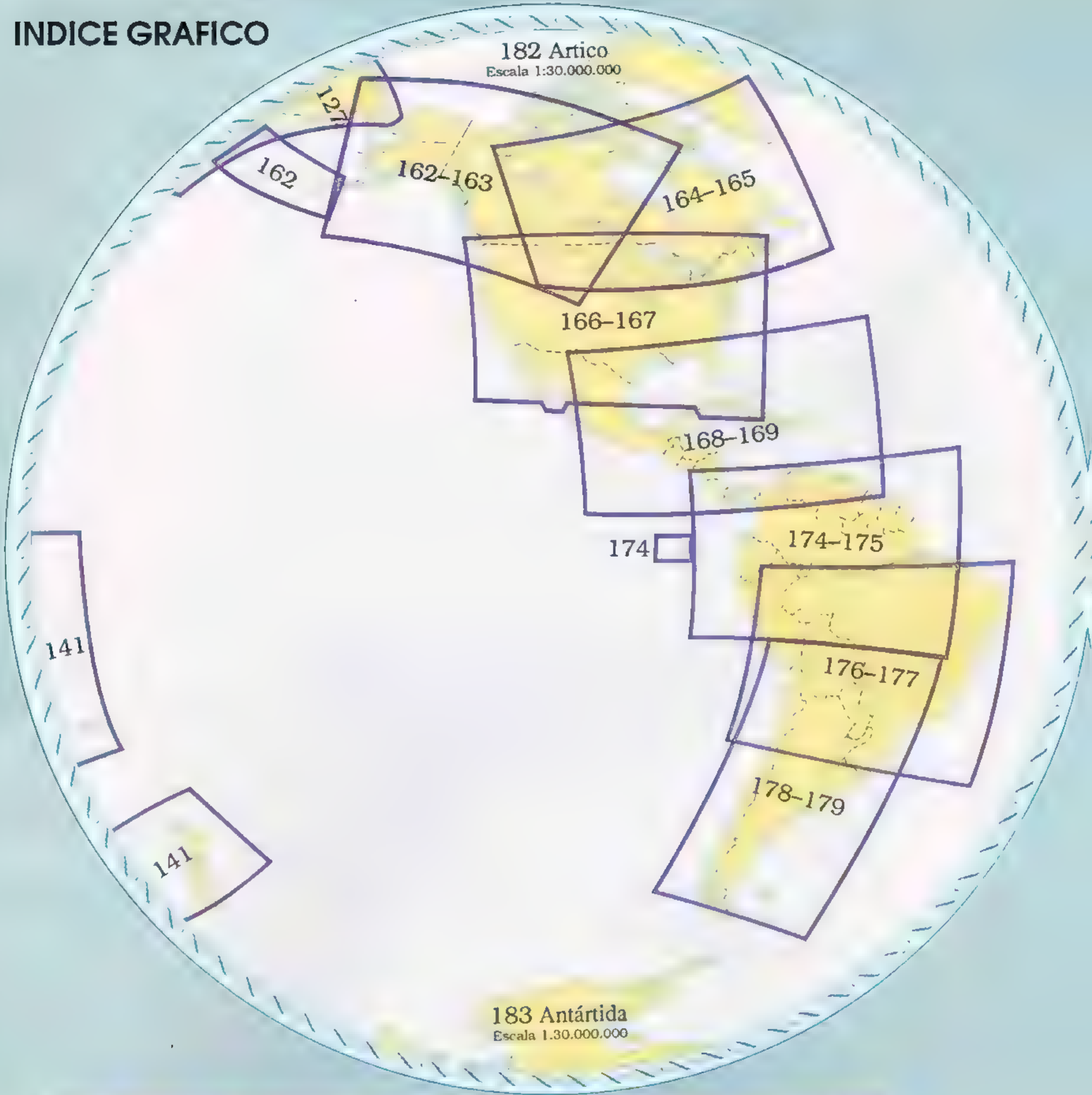
lago
lago
meseta
golfo
pico, **montaña**

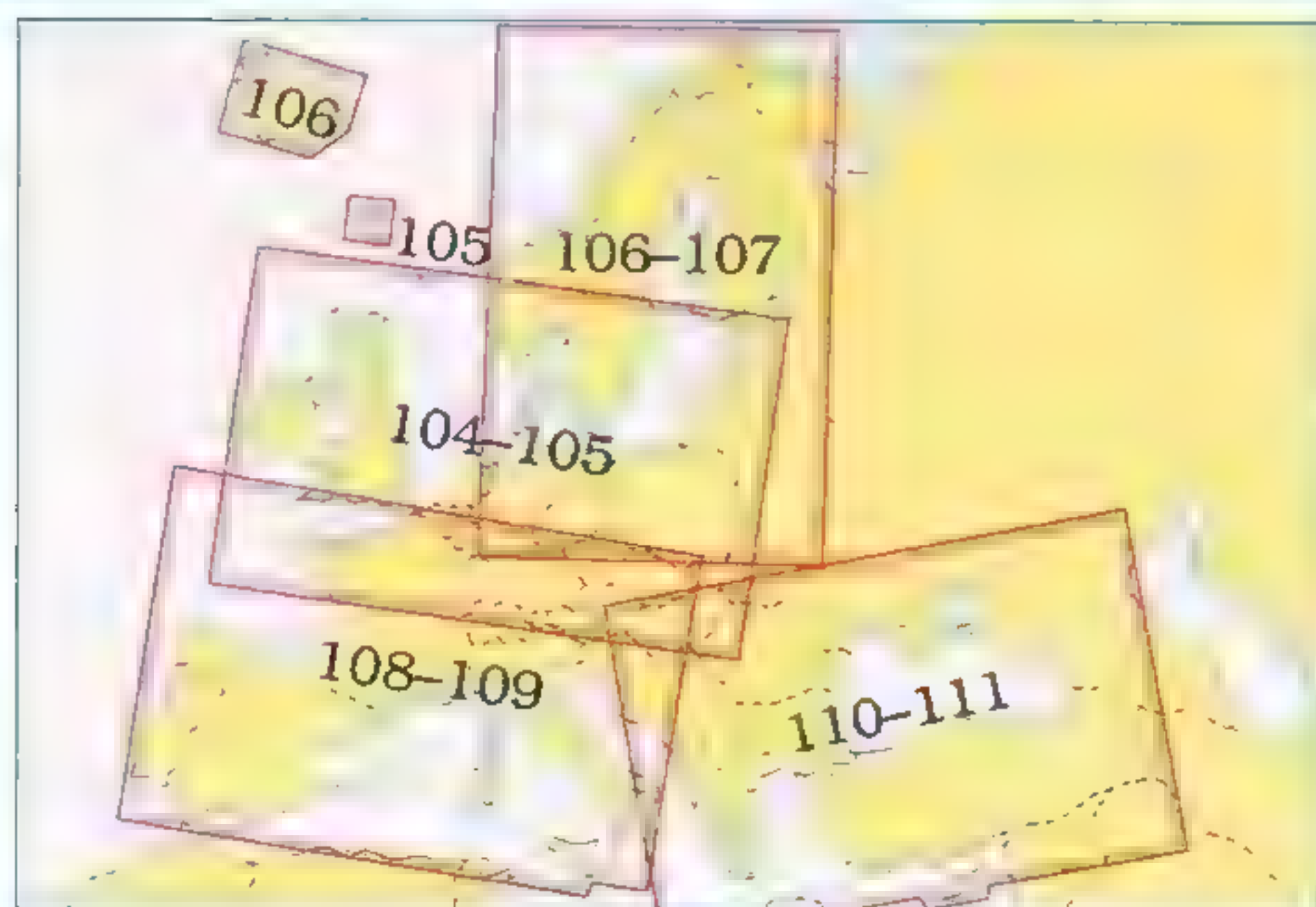
embalse
altiplanicie

altiplanicie, **región montañosa**
estrecho
lago

uadi, **valle**

bosque, **selva**
bahía, **golfo**
estrecho, **garganta**
montaña, **volcán**
península
montaña, **cordillera**
cabo
bahía
golfo
mar

INDICE GRAFICO





Escala
1:10.000.000

Escala
1:15.000.000
1:25.000.000
1:27.000.000

Escala
1:5.000.000

SIGNOS CONVENCIONALES

Mapas nacionales y regionales

Escalas 1 : 5.000.000, 1 : 10.000.000

 Bombay	Más de 5.000.000 de habitantes
 Milan	De 1.000.000 a 5.000.000 de habitantes
 Zurich	De 250.000 a 1.000.000 de habitantes
 Dijon	De 100.000 a 250.000 habitantes
 Dover	De 25.000 a 100.000 habitantes
 London	Menos de 25.000 habitantes
 London	Localidades menores
VIENA	Capital de Nación
Atlanta	Capital de Estado o de República Federada

 Carreteras importantes o autopista

 Otras carreteras

 Carreteras en construcción

 Ferrocarril

 Ferrocarril en construcción

 Tren-ferry

 Límite de Nación

 Límite de Nación en litigio

 Límite de Estado o Región

 Límite de Estado o Región en litigio

 Límite de Nación en el mar

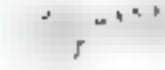
 Altitud sobre el nivel del mar

 Profundidad

 Parque Nacional

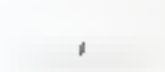
 Ruinas


 Paso, puerto

 Presa

 Wadi, régimen estacional

 Canal

 Cataratas

 Arrecifes

Mapas continentales

Escalas 1 : 15.000.000, 1 : 25.000.000, 1 : 27.000.000, 1 : 30.000.000

 **Shanghai** Más de 5.000.000 de habitantes

 **Barcelona** De 1.000.000 a 5.000.000 de habitantes

 **Venecia** De 250.000 a 1.000.000 de habitantes

 **Abidjan** De 50.000 a 250.000 habitantes

 **Paris** Menos de 25.000 habitantes

 **Paris** Base y estación científica

EL CAIRO Capital de Nación

 Carreteras importantes o autopista

 Ferrocarril

 Ferrocarril en construcción

 Límite de Nación

 Límite de Nación en litigio

 Límite de Estado o Región

 Límite de Estado o Región en litigio

 Límite de Nación en el mar

 Altitud sobre el nivel del mar

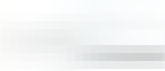
 Profundidad

 Espesor del casquete polar

 Presa

 Ruinas

 Wadi, régimen estacional

 Canal

 Cataratas

 Arrecifes

Medio geográfico



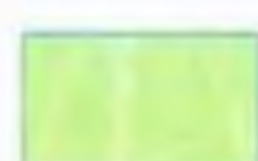
Tundra



Glacial



Bosque de coníferas



Bosque mixto



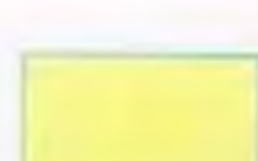
Bosque de caducifolias



Bosque denso tropical



Matorral espinoso



Tierras cultivables



Praderas y herbazales



Sabana



Estepa, formaciones semiáridas



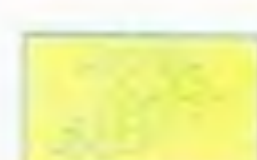
Desierto arenoso



Otros desiertos



Montañas



Marismas



Lago salado



Lago intermitente



Desierto de sal, chott, sebkha



Campos de lava



Re-Digitalización final: The Doctor



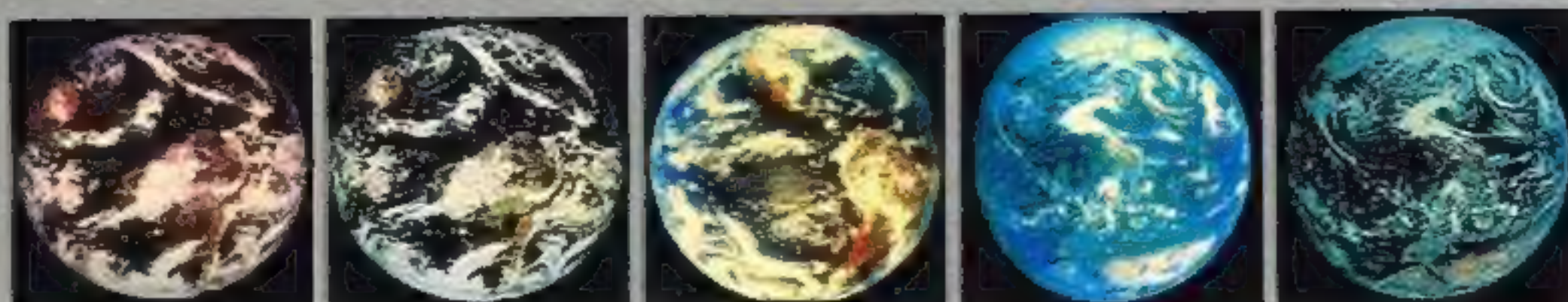
The Doctor

Libros, Revistas, Intereses:

<http://thedoctorwho1967.blogspot.com.ar/>

El Siglo XX:

<http://el1900.blogspot.com.ar/>



Atlas **Clarín X**

EDICIONES
Aguilar